



DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL Y SU RELACIÓN CON LA
PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN CINCO PLAYAS MEXICANAS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS E INGENIERÍA AMBIENTALES

PRESENTA:

ING. ARELY AREANELY CRUZ SALAS

DIRECTORES DE TESIS:

DRA. ALETHIA VÁZQUEZ MORILLAS

M. EN C. JUAN CARLOS ALVAREZ ZEFERINO

MÉXICO, CIUDAD DE MÉXICO, ENERO 2020

Resumen

Las playas son importantes porque brindan diversos servicios ecosistémicos y la oportunidad de realizar actividades recreativas. Sin embargo, también sufren erosión, alta demanda turística, uso intensivo, pérdida del paisaje y contaminación. Esta última puede darse por la descarga de aguas residuales, derrames de fosas sépticas, escurrimientos de fertilizantes y plaguicidas, así como por la presencia de residuos.

Los residuos en playas, además de que degradan la belleza del entorno, pueden contaminar el agua o la arena, al suceder esto, provocan una disminución en la demanda los servicios y las actividades recreativas debido a que las playas ya no son aptas para la realización de actividades turísticas; esto conlleva pérdidas económicas. En vista de los diversos usos de una playa y los problemas que enfrentan, surge la necesidad de armonizar su aprovechamiento a través de la evaluación de su calidad ambiental y su estado de conservación, considerando diversas dimensiones.

Uno de materiales más comunes en los residuos marinos son los plásticos, los cuales al estar expuestos a la intemperie por un tiempo prolongado pueden experimentar diversos tipos de degradación (fotodegradación, oxidación, esfuerzos mecánicos y biodegradación) y fragmentarse hasta dar lugar a piezas de entre 1 y 5 mm conocidas como microplásticos. El problema con este tipo de residuos es que pueden adsorber contaminantes orgánicos persistentes y metales, y posteriormente entrar en la cadena trófica y contaminar distintos ecosistemas. Al ser ingeridos por la fauna marina causan problemas como obstrucción del tracto digestivo, inflamación o disminución del crecimiento.

En la presente investigación se evaluó la presencia de residuos sólidos y microplásticos y se determinó calidad ambiental en cinco playas mexicanas (La Barra, Veracruz; Playa Grande, Quintana Roo; Zipolite, Oaxaca; San Agustín, Oaxaca y La Misión, Baja California). Los muestreos de microplásticos y residuos sólidos se realizaron en fin de semana (sábado y domingo), a primera hora del día y en un transecto de 100 m. Para microplásticos se seleccionaron, sobre la pleamar, 10 puntos aleatorios en los cuales se extrajo la muestra. Cada muestra se pesó, se trasladó al laboratorio y se sometió a pruebas de flotación para extraer los microplásticos, los cuales al final se clasificaron por tamaño, color, tipo y polímero.

Por otra parte, en los muestreos de residuos sólidos el transecto se dividió en 20 secciones de las cuales se escogieron cinco aleatoriamente. En todas se recolectaron los residuos (> 5 mm) presentes desde la línea de agua hasta la línea de vegetación o infraestructura. Los residuos se clasificaron en diversas categorías de macroresiduos y fragmentos, con base en el listado de la UNEP. Para los indicadores, éstos se investigaron en estudios previos, se adaptaron y se seleccionó una forma de evaluación. A partir de ellos se creó una ficha de trabajo en la que se recopiló información de cada una de las playas.

Los resultados mostraron que la playa con mayor concentración de residuos sólidos fue La Misión, con 0.11 – 0.13 piezas/m² de macroresiduos y 0.14 – 0.21 piezas/m² de fragmentos. El material más común en ambos tipos de residuos fue el plástico con 42.5% y 81% (en promedio), respectivamente. Para microplásticos, de igual manera La Misión presentó las concentraciones más altas con 35 – 1340 # MP/m² el sábado y 141 - 1657 # MP/m² el domingo. La mayoría de los microplásticos eran en promedio, de entre 1 y 2 mm (57%), fragmentos (33%), de color blanco (47%) y de poliestireno expandido (47%).

En la evaluación de los indicadores se encontró que todas las playas tenían nivel medio de urbanización; sin embargo, los demás indicadores presentaban diferencias. Particularmente los indicadores de gestión de residuos y potencial recreativo presentaron el mismo nivel en cada playa, esto indica que a medida que aumenta el turismo las actividades de limpieza de la playa también lo harán, para brindarle al usuario un ambiente con aspecto agradable, que siga siendo de su preferencia y así incrementar los ingresos económicos.

Las correlaciones con el coeficiente de determinación más alto fueron residuos versus microplásticos y fragmentos versus microplásticos con 0.9075 y 0.9372, respectivamente. Esto indica que la presencia de microplásticos en playas se ve influenciada por la presencia de residuos, ya que, muy probablemente su origen proviene de ahí.

Los resultados obtenidos en esta investigación corroboraron que los plásticos son los residuos más predominantes en cada playa estudiada y que muy probablemente los microplásticos presentes en la playa son producto de la fragmentación de los plásticos de mayor tamaño. No obstante, en lo referente a microplásticos, estos resultados no pueden generalizarse para todas las playas ya que cada una tiene características particulares que condicionan su deposición en la línea pleamar.

Lo anterior, aunado con lo obtenido en los indicadores de calidad ambiental, sugiere que en cada una de las playas hace falta trabajar más en la gestión de residuos considerando no sólo campañas de limpieza sino también recolección, separación, educación ambiental, programas de reciclaje o recuperación de algún material, ya que, la falta de una gestión adecuada es la principal razón por la que los residuos están presentes en las playas.

Abstract

Beaches are important because they offer several ecosystem services, as well as the opportunity to do recreational activities. However, they suffer problems such as erosion, high touristic demand, intensive use, landscape loss, and pollution. Pollution can be caused by wastewater discharges, spill of septic tanks, leaching of fertilizers and pesticides, and solid waste.

Waste on beaches, besides degrading the environment, can pollute water or sand. When this happens the demand of services and recreative activities decrease, as beaches are not suitable for touristic activities. This also causes an economic loss. Given the different uses of beaches and their problems, it is necessary to coordinate their sustainable use through environmental quality assessment and the conservation status considered several aspects.

The most common materials in marine waste are plastics. When they are exposed to outdoor condition for a long time, they can suffer different kinds of degradation (photodegradation, oxidation, mechanical stress, and biodegradation) and therefore being fragmented to form pieces with a 1 - 5 mm, known as microplastics. The problem with these kinds of particles is that they can adsorb persistent organic pollutants and metals, and then enter to the trophic chain, or pollute different ecosystems. Microplastics can also be ingested by marine fauna and produce problems like obstruction of the digestive tract, inflammation or growth disorders.

In this research the presence of solid waste and microplastics and the environmental quality were assessed on five Mexican beaches (La Barra, Veracruz; Playa Grande, Quintana Roo; Zipolite, Oaxaca; San Agustín, Oaxaca y La Misión, Baja California). The microplastics and solid waste sampling were done on weekends (Saturday and Sunday) at dawn, in a 100 m transect. For microplastics, 10 randomly selected points (over the high line tide) were selected for getting the sample. Every sample was weighted, taken to the laboratory and subjected to flotation tests to extract all the microplastics. They were then classified by size, color, shape and type of polymer.

For solid waste sampling the transect was divided into 20 sections and five of them were randomly selected. Pieces of waste (> 5 mm) were collected in the selected sections, from the water line to the limit defined by vegetation or infrastructure. All wastes were classified into macro waste and fragments categories, based on the UNEP list. Environmental quality was measured through indicators; they were identified in previous studies, and adapted for this research. An assessment method was defined, and the gathered information was registered in a work sheet.

The highest solid waste concentration was found on La Misión beach, with 0.11 – 0.13 pieces/m² of macro waste y 0.14 – 0.21 pieces/m² of fragments. The most common material in both kinds of waste was plastic, with 42.5% and 81% (on average), respectively. For microplastics, in a similar way, La Misión was the beach with the highest concentration, with 35 - 1340 # MP/m² on Saturday and 141 - 1657 # MP/m² on Sunday. The most frequent characteristics of the microplastics were, on average, a

size between 1.00 and 2.00 mm (57%), rigid fragments shape (33%), white color (47%) and expanded polystyrene as raw material (47%).

On the environmental quality assessment all the beaches had a medium urbanization level, nevertheless, on the rest of the indicators there were differences. Remarkably, waste management and recreational potential indicators had the same level in every beach. This situation indicates that the cleaning activities on beaches increase as tourism does, in order to provide users a pleasant environment, that will increase their preference and also the economic benefits. The highest coefficient correlations were found for waste versus microplastics and fragments versus microplastics, with 0.9075 and 0.9372, respectively. This indicates that the microplastics presence on beaches is strongly related to the waste presence.

The results from this research helped to corroborate that plastics are the most frequently found type of waste on every beach and that very likely microplastics are produced by fragmentation of those discarded plastics. However, with respect to microplastics, these results can't be generalized for all beaches because each beach has characteristics that will influence the deposition of plastic and other debris on the high line tide.

In every studied beach it is necessary to improve waste management through cleaning campaigns, collection, separation, environmental education, recycling and recovery programs.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Metropolitana por ser mi segunda casa y darme la oportunidad de crecer tanto personal como profesionalmente.

Al CONACYT por otorgarme la beca para la realización de la maestría y la beca mixta para la estancia de investigación en la Universidad del Mar.

A mis asesores y profesores investigadores: Dra. Alethia Vázquez Morillas y M. en C. Juan Carlos Alvarez Zeferino, por haber aceptado trabajar conmigo en este tema con el cual se ha contribuido a la creación de un proyecto importante a nivel nacional “Microplásticos en ambientes marinos”. Gracias por compartir conmigo todos sus conocimientos, por brindarme tantas herramientas para mi crecimiento profesional y apoyarme en todos los aspectos. Admiro su dedicación en cada uno de sus trabajos, son un claro ejemplo a seguir y espero que sigamos trabajando en más proyectos. ¡Sin su apoyo, esta investigación y todos sus productos obtenidos no habrían sido posible!

Al Área de Tecnologías Sustentables por abrirme las puertas de su laboratorio y permitirme desarrollar mi tesis. A mis compañeros, en especial a mi amiga la Ing. Mariana Mendoza Sánchez, y a los encargados del laboratorio por su apoyo y compañía.

A la Universidad del Mar campus Puerto Ángel, la Dra. Rosario Enríquez Rosado, la Mtra. María del Rocío Gutiérrez Ortiz, la Ing. Coral Edith Mirón Enríquez, el Ing. Juan Manuel Reyes Ramos y el Ing. Jorge Fernández por haberme permitido trabajar en sus instalaciones y brindarme el material y apoyo necesarios para la realización de mi estancia de investigación.

A la Ing. Genoveva Zúñiga y a la alumna Ana Margarita por ayudarme en el tercer muestreo, fue una gran experiencia.

A la M. en C. Margarita Beltrán Villavicencio por apoyarme en el último muestreo de esta tesis.

A la Universidad Autónoma de Baja California campus Mexicali, la Dra. Sara Ojeda Benítez, la Dra. Samantha Eugenia Cruz Sotelo y la Dra. Elizabeth Ramírez Barreto por aceptarme para realizar dos estancias de investigación y apoyarme en la realización del último muestreo de la presente tesis. Gracias por hacerme sentir como en casa.

A la M. en C. Carolina Martínez Salvador por su colaboración y retroalimentación en este tema.

A la Escuela Militar de Ingenieros por facilitarme el préstamo del espectrómetro de infrarrojo para la caracterización química de los microplásticos.

A mis compañeros de posgrado por hacer amenos los dos años de la maestría y organizar los convivios.

Al coordinador de la Maestría en Ciencias e Ingeniería Ambientales: Dr. Jorge Luis Flores Moreno por su apoyo en cada trámite.

Dedicatoria

A mis padres: Catalina y Rene

Gracias por brindarme su apoyo incondicional, su cariño y comprensión, porque, aunque estamos lejos jamás han dejado de preocuparse por mí. Gracias por estar en todo momento conmigo y jamás dejar de darme ánimos. ¡Estoy feliz de compartir este logro con ustedes, los amo!

A mis hermanas: Naye y Luz

Son muy especiales para mí, agradezco a Dios tenerlas conmigo y celebrar juntas este gran paso en mi vida profesional. Gracias Naye y Luz por preocuparse por mí aún en la distancia. ¡Las quiero!

A mi sobrino Uli

Porque cada que planeo visitarlos siempre preguntas ¿Cuándo llega mi tía? y me recibes con mucho gusto y cariño. Eres mi sobrino favorito y siempre contarás con mi apoyo.

A mi abue Vita

Gracias porque siempre te preocupas por mí, por enviarme esos mensajes de buenos días o buenas noches. Eres la mejor abue del mundo y estoy feliz de aún tenerte conmigo.

Contenido

Resumen	ii
Abstract.....	iv
Agradecimientos	vi
Dedicatoria.....	vii
Contenido.....	vii
Lista de figuras	xii
Lista de tablas	xiv
Abreviaturas y acrónimos	xvi
1 Introducción.....	1
1.1 Antecedentes	3
1.2 Justificación	8
2 Objetivos e hipótesis.....	9
2.1 Objetivo general	10
2.2 Objetivos particulares	10
2.3 Hipótesis.....	10
3 Marco teórico.....	11
3.1 Los plásticos	12
3.1.1 Ventajas y desventajas de los plásticos	12
3.1.2 Clasificación de los plásticos	13
3.1.3 Plásticos estándar o commodities	14
3.2 Residuos sólidos urbanos y residuos plásticos.....	18
3.2.1 Composición de los residuos sólidos urbanos en México	20
3.2.2 Residuos plásticos	21
3.2.3 Opciones de aprovechamiento de los residuos plásticos.....	21
3.3 Contaminación en ambientes marinos	24
	viii

3.3.1	Elementos de los ambientes marinos.....	26
3.3.2	Contaminación en playas.....	31
3.3.3	Contaminación marina en México.....	32
3.3.4	Evaluación de la calidad ambiental en playas	36
3.4	Microplásticos en ambientes marinos	37
3.4.1	Clasificación de los microplásticos.....	38
3.4.2	Efectos de los microplásticos en ambientes marinos.....	38
3.4.3	Distribución en ambientes marinos.....	41
3.4.4	Monitoreo de microplásticos en ambientes marinos y costeros	43
3.4.5	Técnicas de identificación.....	47
3.4.6	Legislación nacional e internacional sobre microplásticos.....	49
4	Metodología.....	55
4.1	Actividades preliminares.....	56
4.2	Selección de regiones, playas y zonas de estudio.....	57
4.3	Trabajo de campo.....	58
4.3.1	Muestreo de residuos sólidos urbanos en el sitio	59
4.3.2	Muestreo de microplásticos	61
4.3.3	Recolección de información de las playas	62
4.4	Trabajo de laboratorio	63
4.4.1	Extracción de microplásticos	63
4.4.2	Clasificación de microplásticos	65
4.5	Sistematización y análisis de la información.....	69
5	Resultados y discusión	71
5.1	Actividades preliminares.....	72
5.2	Selección de regiones, playas y zonas de estudio.....	73
5.2.1	Selección de regiones	73
5.2.2	Selección de playas	76

5.2.3	Selección de zonas de estudio	80
5.3	Presencia de residuos sólidos urbanos en playas	82
5.3.1	Clasificación de residuos sólidos urbanos	82
5.3.2	Índice de contaminación en playa	86
5.4	Microplásticos en sedimentos de playa	89
5.4.1	Clasificación del microplásticos	90
5.5	Evaluación de indicadores.....	95
5.6	Análisis de resultados.....	96
6	Conclusiones	101
7	Recomendaciones.....	104
8	Referencias.....	107
9	Anexos.....	132
Anexo 9.1	Ficha para la clasificación de residuos sólidos urbanos en ambientes marinos	133
Anexo 9.2	Ficha de trabajo para la recolección de información de las playas.....	137
Anexo 9.3	Evaluación de indicadores	143
Anexo 9.3.1	Ficha de La Barra de Sontecomapan (Sontecomapan, Catemaco Veracruz)	144
Anexo 9.3.2	Ficha de Playa Grande (Holbox, Lázaro Cárdenas Quintana Roo).....	151
Anexo 9.3.3	Ficha de Zipolite (Zipolite, San Pedro Pochutla Oaxaca)	158
Anexo 9.3.4	Ficha de San Agustinillo (San Agustinillo, Santa María Tonameca, Oaxaca)	165
Anexo 9.3.5	Ficha de La Misión (La Misión, Playas de Rosarito Baja California).....	172
Anexo 9.4	RSU y fragmentos muestreados en campo	179
Anexo 9.4.1	Ficha de macroresiduos y fragmentos para La Barra de Sontecomapan.....	179
Anexo 9.4.2	Ficha de macroresiduos y fragmentos para Playa Grande	184
Anexo 9.4.3	Ficha de macroresiduos y fragmentos para Zipolite	189
Anexo 9.4.4	Ficha de macro residuos y fragmentos para San Agustinillo	194
Anexo 9.4.5	Ficha de macroresiduos y fragmentos para La Misión	199
Anexo 9.5	Unidades de concentración de microplásticos.....	204

Anexo 9.6 Correlaciones lineales	207
--	-----

Lista de figuras

Figura 3.1 Número de identificación y estructura molecular del PET	15
Figura 3.2 Número de identificación y estructura molecular del PEAD	16
Figura 3.3 Número de identificación y estructura molecular del PVC.....	16
Figura 3.4 Número de identificación y estructura molecular del PEBD	17
Figura 3.5 Número de identificación y estructura química del PP	17
Figura 3.6 Número de identificación y estructura química del PS	18
Figura 3.7 Generación de RSU por región, 2012.....	19
Figura 3.8 Generación de RSU por localidad (1997 y 2012)	19
Figura 3.9 Composición de RSU en México 2012	20
Figura 3.10 Esquema del fondo oceánico	27
Figura 3.11 Corrientes marinas globales en los océanos.....	29
Figura 3.12 Grandes regiones marinas de México	33
Figura 3.13 Residuos en la costa Mexicana	35
Figura 3.14 Cinco giros oceánicos principales	42
Figura 3.15 Tipos de redes: A) neuston, B) manta de arrastre, C) catamarán y D) bongo	44
Figura 3.16 Tamizado de la arena recolectada	47
Figura 4.1 Metodología empleada en el desarrollo del proyecto	56
Figura 4.2 Orden de selección de los lugares de estudio	57
Figura 4.3 Metodología para el muestreo de residuos sólidos urbanos y microplásticos en playas	59
Figura 4.4 Determinación de las secciones en el muestreo de residuos sólidos urbanos	60
Figura 4.5 Línea de residuos en la playa	61
Figura 4.6 Muestreo de microplásticos: A) selección de números y B) extracción de arena.....	62
Figura 4.7 Metodología empleada para la extracción de microplásticos en laboratorio.....	64
Figura 4.8 A) Muestra en CaCl_2 , B) Enjuague, C) Soluciones de HCl y H_2O_2 y D) MP extraído	65
Figura 4.9 Tipos de microplásticos: A) fibras, B) pellets, C) fragmentos, D) espumas y E) películas.....	66

Figura 4.10 Proceso de lectura: A) colocación del MP y B) contacto del UATR con el MP	68
Figura 4.11 Resinas vírgenes: A) Paletas de plástico y B) Tarjeta con colores de identificación.....	69
Figura 5.1 Selección de las cuatro regiones de estudio.....	74
Figura 5.2 Mapa de la república mexicana con la ubicación de las EMAS (Estaciones Meteorológicas Automáticas)	74
Figura 5.3 Localidad/EMA: A) Sontecomapan, B) Holbox, C) Zipolite, D) San Agustín y E) La Misión. En cada una se identifica la localidad (cuadro en color verde) y la EMA (Estación Meteorológica Automática) más cercana (cuadro en color rojo)	75
Figura 5.4 Playa La Barra: A) playa y dunas y B) escolleras divisoras de la playa y la laguna.....	77
Figura 5.5 Playa Grande en Isla Holbox: A) zona de playa y B) hamacas	78
Figura 5.6 Playa Zipolite: A) sedimentos y pendientes moderadas y B) servicios a orilla de playa	78
Figura 5.7 Playa San Agustín: A) pendientes suaves y B) dunas terciarias	79
Figura 5.8 La Misión: A) sedimentos finos y pendientes suaves y B) paseos a caballo y palapas.....	80
Figura 5.9 Zonas de estudio: A) La Barra, B) Playa Grande, C) Zipolite, D) San Agustín y E) La Misión.....	81
Figura 5.10 Residuos sólidos: A) La Barra, B) Playa Grande, C) Zipolite, D) San Agustín y E) La Misión	83
Figura 5.11 Categorías de macroresiduos por playa (número de piezas)	84
Figura 5.12 Categorías de fragmentos por playa (número de piezas).....	86
Figura 5.13 Clasificación de microplásticos por tamaño (número de piezas)	90
Figura 5.14 Clasificación de microplásticos por tipo (número de piezas)	92
Figura 5.15 Clasificación de microplásticos por color (número de piezas)	92
Figura 5.16 Clasificación de microplásticos por polímero (número de piezas).....	93
Figura 5.17 Diagramas de dispersión: a) macroresiduos vs MP, b) fragmentos vs MP, c) MP vs urbanización, d) macroresiduos vs urbanización, e) fragmentos vs urbanización y f) IC vs urbanización.....	97
Figura 5.17 Continuación. Diagramas de dispersión: a) macroresiduos vs MP, b) fragmentos vs MP, c) MP vs urbanización, d) macroresiduos vs urbanización, e) fragmentos vs urbanización y f) IC vs urbanización.....	98
Figura 5.18 Dendograma del análisis clúster de indicadores	99
Figura 5.19 Gráficos de cajas y bigotes: A) por día y B) por playa.....	100

Lista de tablas

Tabla 1.1 Ejemplos de estudios internacionales de MP en playas	4
Tabla 1.2 Ejemplos de estudios nacionales de MP en playas	5
Tabla 1.3 Estudios internacionales sobre la calidad ambiental en playas.....	6
Tabla 3.1 Ventajas y desventajas de los plásticos	13
Tabla 3.2 Histórico de LCI en México	34
Tabla 3.3 Concentraciones de MP en algunos ambientes marinos.....	42
Tabla 3.3 Continuación. Concentraciones de MP en algunos ambientes marinos	43
Tabla 4.1 Información relevante sobre los muestreos en cada playa	58
Tabla 4.2 Categorías empleadas para la clasificación de residuos y fragmentos.....	60
Tabla 4.3 Interpretación de los distintos niveles de cada indicador	63
Tabla 4.4 Densidades típicas para cada tipo de plástico	64
Tabla 5.1 Parámetros contemplados en cada uno de los indicadores	72
Tabla 5.2 Niveles de escala de evaluación para cada indicador	73
Tabla 5.3 Información de las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) cercanas a la localidad ...	76
Tabla 5.4 Densidades de macroresiduos y fragmentos	82
Tabla 5.5 índices de contaminación.....	87
Tabla 5.6 Estudios sobre la presencia de residuos en playas	88
Tabla 5.6 Continuación. Estudios sobre la presencia de residuos en playas.....	89
Tabla 5.7 Valores estadísticos por playa en términos de # MP/m ²	89
Tabla 5.8 Relevancia de las características de los MP	94
Tabla 5.8 Continuación. Relevancia de las características de los MP.....	95
Tabla 5.9 Puntaje y nivel por indicador para cada playa	95
Tabla 9.1 Valores estadísticos por playa en términos de mg MP/kg _{sh}	204
Tabla 9.2 Valores estadísticos por playa en términos de mg MP/kg _{ss}	204
Tabla 9.3 Valores estadísticos por playa en términos de # MP/kg _{sh}	205

Tabla 9.4 Valores estadísticos por playa en términos de # MP/kg _{ss}	205
Tabla 9.5 Valores estadísticos por playa en términos de # MP/L _{sh}	206
Tabla 9.6 Valores estadísticos por playa en términos de # MP/m	206

Abreviaturas y acrónimos

BPC - bifenilos policlorados

COP - contaminantes orgánicos persistentes

EMA - estación meteorológica automática

EPS - poliestireno expandido

EVA - poliacetato de vinilo

HAP - hidrocarburos aromáticos policíclicos

IC - índice de contaminación

L - limpia

M - moderada

ML - muy limpia

MP - microplásticos

MS - muy sucia

PE - polietileno

PEAD - polietileno de alta densidad

PEBD - polietileno de baja densidad

PEST - poliéster

PP - polipropileno

PS - poliestireno

PU - poliuretano

PVC - policloruro de vinilo

RSU - residuos sólidos urbanos

S - sucia

SH - sedimento húmedo

SS - sedimento seco

UV - ultravioleta

1 Introducción



Autor: Microplásticos en Ambientes Marinos[®], 2018

Las playas pueden definirse como depósitos no estables que contienen grava, arena, o rocas y se encuentran ubicadas a lo largo de la línea costera o litoral. Los tipos de playa varían de manera considerable dependiendo de varios factores como la ubicación (Caso et al., 2004; US EPA, n.d.), el tipo de sedimentos, las corrientes marinas y el tipo de vegetación, entre otros. En las playas se lleva a cabo una peculiar interacción permanente entre el aire, agua y el suelo, lo que las vuelve un ambiente muy dinámico y sensible tanto a cambios naturales como antropogénicos (UNMP, 2016).

Además, son importantes desde el punto de vista ecológico, ya que constituyen ecosistemas abastecedores de servicios ambientales, y como satisfactores de necesidades humanas (UNMP, 2016). Tienen la función de contener eventos de alta energía (huracanes, tsunamis), regulan el clima, son sitios para la anidación, reproducción y protección de flora y fauna; además, permiten la explotación de recursos, instalación de infraestructura, turismo y recreación (Santiago, 2010; UNMP, 2016; US EPA, n.d.). Dado que las playas representan un gran valor social y económico como destinos de ocio y recreación, existe una preocupación importante por conservar su equilibrio (Botero et al., 2015).

Actualmente las playas presentan diversas afectaciones, tales como, erosión, contaminación (Anderson et al., 2016; Cervantes y Espejel, 2008) y aumento en la demanda del turismo, que conlleva a su uso intensivo, presencia de residuos marinos y pérdida del paisaje (González y Holtmann-Ahumada, 2017). Uno de los problemas graves es la acumulación de residuos, que son aquellos materiales persistentes que se desechan, rechazan o excluyen al ambiente marino y costero; comprenden elementos que fueron producidos o usados e intencionalmente desechados o inconscientemente perdidos en el mar o la costa. Se clasifican conforme a su origen en terrestres y marinos. Los primeros comprenden a los residuos generados de actividades agrícolas, industriales y domésticas (Munari et al., 2016), en cambio los segundos son aquellos materiales que proceden de actividades realizadas en el mar, como la pesca, cruceros y el transporte marítimo (Schneider et al., 2018).

En 2009, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP por sus siglas en inglés) estimó que en los océanos se vierten cerca de 6.4 millones de toneladas de residuos marinos cada año (Munari et al., 2016), los cuales comúnmente incluyen cerámicos, madera, metales, papel, textiles y vidrio. Sin embargo, la porción más grande son los plásticos (Schneider et al., 2018) cuya producción mundial ha aumentado de manera exponencial llegando a 322 millones de toneladas por año en 2015 (Lots et al., 2017; Zhang, 2017). Se estima que, en 2010, entre 4.8 y 13 millones toneladas de residuos plásticos de fuentes terrestres ingresaron al océano, donde persistirán y se almacenarán (Lots et al., 2017; Schneider et al., 2018). Además, se prevé que esta cifra aumentará en un orden de magnitud para el 2025 (Zhang, 2017).

La preocupación ambiental en los últimos años se ha dirigido hacia un subgrupo de plásticos llamado “microplásticos” (MP), que son pequeños fragmentos (menores a 5 mm) y constituyen la fracción más abundante y dañina de los residuos plásticos (Hua Zhang, 2017). Los MP incluyen a materiales como el nylon, poliéster, polipropileno (PP), polietileno (PE), cloruro de polivinilo (PVC), poliestireno (PS), poliuretano (PU) y fibra de poliamida, entre otros (Laglbauer et al., 2014). La contaminación por MP se ha reportado en distintas partes del mundo y su presencia se ha investigado en diversos entornos

marinos como playas, estuarios, aguas superficiales (Hua Zhang, 2017), en la columna de agua y sedimentos marinos.

Las afectaciones que han sufrido las playas de arena se deben principalmente a las actividades humanas asociadas con el turismo y el rápido crecimiento demográfico. Cuando hay un incremento del turismo, el uso de las playas se vuelve intensivo y por lo tanto se alteran los procesos físicos y ecológicos, así como los servicios naturales (González y Holtmann-Ahumada, 2017). Esto trae consigo una reducción de la calidad en playas de arena, que disminuye su valor turístico (Suciu et al., 2017). Además, suele haber un incremento de la cantidad de residuos marinos que ocasiona más inseguridad para los usuarios y un aumento en los riesgos a la salud humana (Botero et al., 2015; Semeoshenkova et al., 2017).

Debido a que la economía de la mayoría de las ciudades costeras depende del turismo de playa, existe la necesidad de evaluar la calidad y el estado de conservación de estos entornos (Suciu et al., 2017). La calidad ambiental en playas abarca diferentes dimensiones como seguridad de los usuarios, percepción estética, limpieza y gestión de residuos, salud ecosistémica y manejo de playa en general (UNMP, 2016). La evaluación de la calidad ambiental en playas puede hacerse mediante certificaciones (UNMP, 2016), índices integrales e indicadores (González y Holtmann-Ahumada, 2017; Suciu et al., 2017). Cada uno de estos instrumentos de gestión de calidad, generalmente de aplicación voluntaria, proporciona información concreta y entendible que puede ser usada fácilmente por el evaluador (para tomar decisiones) y el público en general (UNM, 2016).

1.1 Antecedentes

Se han desarrollado diversos estudios (Anderson et al., 2016; de Carvalho y Baptista Neto, 2016; Hengstmann et al., 2018; Herrera et al., 2017) a nivel internacional sobre la presencia de microplásticos en playas, sin embargo, actualmente en México existen sólo tres estudios publicados. En el primero (Retama et al., 2016) se hicieron dos muestreos en 9 bahías de Huatulco para estimar la generación de microfibras (uno de los tipos específicos de MP), en el segundo (Alvarez et al., 2017) se realizaron dos muestreos (sábado y domingo) en 2017 para estimar la generación de residuos sólidos y microplásticos en la playa Azul del municipio de Tuxpan, Veracruz y en el último (Piñon-Colin et al., 2018) se muestrearon 21 playas de la península de Baja California para evaluar la presencia de microplásticos.

Ejemplos de los estudios desarrollados a nivel internacional y nacional se muestran en las Tablas 1.1 y 1.2. La mayoría de los estudios emplea el tamizado y pruebas de flotación como técnicas de extracción de MP.

Tabla 1.1 Ejemplos de estudios internacionales de MP en playas

Área de estudio	Extracción de MP	Resultados relevantes	Referencia
Seis playas en la costa de Eslovenia	Tamizado y flotación	La concentración media de MP fue más alta en el infralitoral (155.6 MP/kg _{ss}) que en la costa (133.3 MP/kg _{ss}). Las fibras representaron el 96% de la concentración total de MP en el infralitoral y el 75% en la costa. Los fragmentos fueron el segundo grupo más dominante (21%) en la costa. Ambas zonas contenían 4% de película y ninguna contenía pellets	Laglbauer et al., 2014
17 playas de la bahía de Guanabara, Río de Janeiro, Brasil	Flotación	En verano hubo mayor número de MP (4,692 piezas). La playa Galeão presentó el mayor número de MP (2,468 piezas). Los fragmentos representaron el mayor porcentaje (56%) seguidos de PS (26.7%), pellets (9.9%) y microfibras (7.2%)	de Carvalho y Baptista Neto, 2016
Cuatro playas de la costa norte de Taiwán	Tamizado y flotación	El total de MP en las 4 playas fue de 1,097 (masa de 0.771 g). El mayor número de MP se encontró en Waimushan Beach con 484 y 532 piezas por 0.0125 m ³ en la capa superior e inferior, respectivamente. Los polímeros de MP que más se encontraron fueron el PE (44%) y PP (43%) y el tipo más predominante fueron los fragmentos (896 piezas en total)	Kunz et al., 2016
Seis playas en el Mar de Bohai, China	Flotación	Las concentraciones de MP fueron 102.9, 163.3 y 117.5 MP/kg _{ss} en tres playas. Los tipos de MP más abundantes fueron el polieacetato de vinilo (EVA), el PEBD y el PS. Los MP más abundantes fueron fragmentos y películas	Yu et al., 2016
23 playas de Europa, Israel y Turquía	Tamizado y flotación	Las zonas Mediterránea y Báltica fueron los sitios más contaminados con 291 y 270 MP/kg _{ss} , respectivamente. La zona Atlántica fue la menos contaminada con 190 MP/kg _{ss} . La mayoría de MP encontrados fueron fibras (98.7%). Los tres tipos de polímero que se identificaron fueron poliéster (PEST), PP y PE	Lots et al., 2017
Tres playas de las Islas Canarias	Tamizado y flotación	La concentración más alta fue de 23.7 g/m ² en Lambra y la más baja en Las Canteras (5.4 g/m ²). Lambra tuvo un 52.7% de fragmentos de plástico, y 11.7% de pellets. En las Canteras hubo 94.3% de fragmentos, 3.7% de alquitrán y 1.9% pellet	Herrera et al., 2017
20 playas de arena en la costa de Corea del Sur	Tamizado y flotación	Se identificaron MP de 1 a 5 mm, en un intervalo de 0-2,088 piezas/m ² , compuestos principalmente por poliestireno expandido (EPS) (94.8%). Los MP pequeños (0.02-1 mm) se encontraron en el intervalo de 1,400-62,800 piezas/m ² . Los fragmentos fueron los más abundantes (96.7%)	Eo et al., 2018
Cuatro playas de isla de Rügen, en el Mar Báltico	Tamizado y flotación	La concentración promedio fue de 2,862.56 MP/m ² . Los fragmentos fueron menos abundantes que las fibras, con promedios de 746.00 y 1766.46 MP/m ² , respectivamente	Hengstmann et al., 2018
21 playas de cuatro islas de las Antillas Menores	Tamizado y flotación	Se encontró un promedio de 261 MP/kg _{ss} , con un máximo de 620 MP/kg _{ss} y un mínimo de 68 MP/kg _{ss} en Grandes Caye y en Anse des Sables, respectivamente. El 95% de los MP eran fibras	Bosker et al., 2018
11 playas en la costa de Portugal	Flotación	La concentración promedio de MP fue de 454 MP/m ² , 79% fueron pellets, 14% fragmentos y 7% espumados. Los MP de 4 mm (47% = 211 MP/m ²) y 5 mm (42% = 208 MP/m ²) fueron más abundantes, seguidos de los pellets de 3 mm (10% = 48 MP/m ²)	Antunes et al., 2018

ss: sedimento seco, MP: microplásticos, PE: polietileno, EVA: poliacetato de vinilo, PEBD: polietileno de baja densidad, PS: poliestireno, PEST: poliéster, PP: polipropileno, EPS: poliestireno expandido

Como se observa en la Tabla 1.1, cada estudio reporta las concentraciones de MP en distintas unidades, esto básicamente depende de cuál es su objetivo y de la información con la que se cuente, ya que hasta la fecha no existe algún acuerdo sobre como reportar dichos resultados. Por lo tanto, hacer una comparación de las concentraciones reportadas de MP entre las diferentes zonas de estudio no es viable en todos los casos.

Por otro lado, las investigaciones también incluyen información adicional a la concentración de MP, por ejemplo, el tipo de polímero de MP más abundante o la forma de MP que más predomina en las muestras. El reporte de este tipo de información depende del objetivo del estudio.

Tabla 1.2 Ejemplos de estudios nacionales de MP en playas

Área de estudio	Extracción de MP	Resultados relevantes	Referencia
Nueve playas de bahía de Huatulco, Oaxaca	Flotación	El número máximo de microfibras se encontró en semana santa y en la de navidad, en las playas de Rincón Sabroso (48 MP/30 g _{ss}) y Cuatunalco (69 MP/30 g _{ss}), respectivamente	Retama et al., 2016
Playa Azul, Tuxpan, Veracruz	Tamizado y Flotación	El sábado se encontró la mayor cantidad de MP, con un total de 150 piezas, mientras que el domingo fue de 97. El tipo de MP más abundante fue el EPS (57 piezas) y película (44 piezas) para el sábado y domingo, respectivamente	Alvarez Zeferino et al., 2017
Veintiun playas de la Península de Baja California	Tamizado y flotación	La concentración promedio de MP para las 21 playas fue de 135 ± 92 MP/kg _{ss} , y varió de 16 ± 4 MP/kg _{ss} en Bahía de Los Ángeles a 312 ± 145 MP/kg _{ss} en Cabo San Lucas. El porcentaje más bajo de fibras se encontró en el Ejido San Lucas (49%)	Piñon-Colin et al., 2018

ss: sedimento seco, MP: microplásticos, EPS: poliestireno expandido

En cada uno de los tres estudios nacionales también se tiene una forma distinta de reportar las concentraciones de MP así que se necesitaría información adicional para estandarizar dichos resultados y compararlos. Cada uno de los estudios reporta tipo de MP más abundante, pero ninguno da a conocer el tipo de polímeros presentes.

Por otra parte, la calidad ambiental de las playas es un concepto que hace referencia al valor que se le da al estado o a la condición del ambiente en una situación y momento específicos, en función de variables ambientales, juega un papel importante para el monitoreo y control. Además de impactar en la calidad del recurso (agua, aire, arena y biodiversidad) tiene relación con las actividades turístico-recreativas (UNM, 2016). A nivel internacional hay estudios que evalúan la calidad de las playas mediante indicadores o índices (Marshall et al., 2014; Semeoshenkova et al., 2017; Suciu et al., 2017). En México, sólo existen investigaciones que evalúan la calidad de playas mediante la NMX-AA-120-SCFI-2006 (García, 2012; Santiago, 2010; Cervantes Rosas, 2008), sin embargo, en ninguna de ellas se ha utilizado el parámetro de MP para contrastar los resultados con la calidad de una playa, sino que únicamente contemplan la presencia de residuos marinos, de manera general, como un indicador. Aunque se han desarrollado estudios sobre la calidad ambiental en playas, muy pocos contemplan la presencia de residuos como un indicador ambiental (Tablas 1.3 y 1.4).

Tabla 1.3 Estudios internacionales sobre la calidad ambiental en playas

Área de estudio	Índices o indicadores empleados	Cuantificación de residuos plásticos y/o MP como indicador	Referencia
Tres playas noroeste de México, una en Río de Janeiro, Brasil y una en California, E.U.	Índice del valor de playa integrado (IBVI) = BI (índice de playa), KI (índice de conocimiento), MI (índice monetario). BI = 36 indicadores ecológicos de características biofísicas y 38 indicadores socioeconómicos. En los biofísicos se contempla el indicador de residuos (ausencia o presencia)	No se realizó clasificación ni se analizó la composición de residuos	Cervantes y Espejel, 2008
Seis playas en la Costa Brava, España	Percepción del usuario, que incluye 50 parámetros dentro de los cuales se encuentra la presencia o ausencia de residuos en la arena	No se realizó clasificación ni se analizó la composición de residuos	Roca et al., 2008
13 playas de Sitges, Barcelona	Indicadores: cambios en la costa, fitoindicadores, contaminación microbiológica en arena y agua, residuos sólidos en la arena. En este último sólo se evalúa la presencia o ausencia	No se realizó clasificación de residuos, sólo se estimó una concentración media que va de 100 g/m ² en la playa de Balmins (2009) a 10 g/m ² en la playa de Fragata (2008)	Palomino de Dios et al., 2012
43 sitios en la costa Oeste de Cuba	18 físicos y 8 humanos. En los humanos, el indicador de “residuos” se basa en la presencia o ausencia de éstos	No se realizó clasificación ni se analizó la composición de residuos	Anfuso et al., 2014
Cinco playas en la costa noroccidental del Adriático (Italia)	Índice de Costa Limpia (CCI) para evaluar la limpieza en playas. Indicador de MSFD (Directiva marco de la estrategia marina), tendencias en la cantidad de residuos en las costas	Los residuos se clasificaron en papel, cartón, vidrio, cerámica, plástico espumado, caucho, madera, metal, paño, otro y plásticos, donde esos últimos representaron el 81.1 %. Los plásticos se clasificaron en 35 categorías	Munari et al., 2016
Dos playas brasileñas	Oxígeno disuelto (DO) y pH del agua superficial, concentración de coliformes totales y fecales en el sedimento, composición, abundancia y fuentes de residuos sólidos	Los residuos se clasificaron en papel, madera, metal, vidrio, tela, material de construcción y plásticos, donde estos últimos presentaron un porcentaje mayor al 80% en la composición	Suciu et al., 2017
Tres playas, (urbanas, semiurbanas y semi rurales) en la costa del Adriático	Índice de calidad de playa (BQI) con componentes de calidad ambiental (i) y bienestar humano y salud (ii). En el componente “i” se incluye un indicador de limpieza que se basa en el conteo de residuos en un transecto de 100 m	Se califica la presencia o ausencia de residuos provenientes de aguas residuales (se clasifican en dos grupos: generales, que incluyen productos de higiene femenina, anticonceptivos, papel higiénico, heces humanas, y en cotonetes), gruesos, generales (latas, empaques de comida, cajetilla de cigarros), nocivos (vidrio roto y otros) y acumulaciones. No se analizó la composición	Semeoshenkova et al., 2017

Tabla 1.3 Continuación. Estudios internacionales sobre la calidad ambiental en playas

Área de estudio	Índices o indicadores empleados	Cuantificación de residuos plásticos y/o MP como indicador	Referencia
Siete playas en la Región Cuarta de Coquimbo en el norte de Chile	Índices de conservación (CI), de potencial recreativo (RI), de urbanización (UI) y de calidad de playa (BQI). El UI evalúa la presencia o ausencia de los residuos sólidos	Sólo se mencionó la presencia de residuos como el papel, plásticos, colillas, madera y vidrio, pero no se estima su porcentaje en la composición	González y Holtmann-Ahumada, 2017
Playas urbanas (10), semiurbanas (16) y naturales (6) de las Islas Canarias, España	Indicadores de accesibilidad, calidad ambiental, calidad del agua, comodidad, calidad escénica, actividad humana, infraestructura, instalaciones y seguridad. En calidad ambiental se evalúa la presencia o ausencia de residuos en la arena	No se realizó clasificación ni se analizó la composición de residuos	Peña-Alonso et al., 2018
137 sitios costeros de Colombia	18 físicos y 8 humanos. En los humanos, el indicador de “residuos” se basa en la presencia o ausencia de éstos	Solo se clasificaron los residuos como gruesos, dañinos, acumulaciones, petróleo, excremento y escombros. No se estima el porcentaje de plásticos	Rangel-Buitrago et al., 2018

Todos los estudios analizados contemplan a los residuos marinos como un indicador de la calidad ambiental en playas, sin embargo, únicamente dos estudios realizaron muestreo de residuos sólidos y los clasificaron, en ambos casos se obtuvo el porcentaje de cada categoría de residuos, de las cuales la de plásticos presentó el porcentaje más alto. Sólo en un estudio se clasificaron los plásticos en diversas categorías. Ningún estudio internacional contempla la presencia de microplásticos como un tipo de residuo en los indicadores de calidad ambiental.

Tabla 1.4 Estudios en México sobre la calidad ambiental en playas

Área de estudio	Índices o indicadores empleados	Cuantificación de residuos plásticos y/o MP como indicador	Referencia
Playa norte de El Mogote en la costa sur de la Bahía de la Paz (Baja California)	Indicadores biofísicos: infraestructura y servicios (12); ecológico (19) y limpieza (6). En los de limpieza, 4 hacen referencia a la ausencia o presencia de residuos sólidos, peligrosos, cúmulos de basura y heces de animales	No se realizó clasificación ni se analizó la composición de residuos	García, 2012
Playas de Tuxpan, Veracruz	Se empleó la norma NMX-AA-120-SCFI-2006. Dentro de sus aspectos se encuentran los residuos sólidos, donde solo se califica la presencia o ausencia de residuos sólidos, peligrosos y riesgosos	No se realizó clasificación ni se analizó composición de residuos	Santiago, 2010

Para el caso de México, todos los estudios contemplan a los residuos marinos como un indicador de calidad ambiental pero sólo se califica la ausencia o presencia de éstos, no se realiza algún muestreo de éstos ni su cuantificación.

1.2 Justificación

Las playas son ambientes muy dinámicos y resistentes que proveen de diversos servicios ecosistémicos al ser humano, como por ejemplo la provisión de alimentos, el desarrollo de la economía local, la realización de actividades recreativas y la mitigación del impacto ante eventos de alta energía (Domínguez-Tejo et al., 2018; Suciu et al., 2017), además, ofrecen un hábitat para diversas especies de flora y fauna (Beachapedia, 2016). Sin embargo, se están viendo afectadas por las prácticas humanas relacionadas con el turismo y el acelerado crecimiento demográfico. El desarrollo urbano y el uso intensivo de las playas para realizar diversas actividades recreativas disminuyen no sólo su calidad ambiental, sino también su valor turístico; al ocurrir esto se afecta la economía de muchas ciudades costeras que dependen del turismo de playa y se causa daño y muertes a diversos organismos debido a la acumulación de residuos sólidos, por ello es importante conservar en buen estado estos ambientes (Defeo et al., 2009; Kline y Swallow, 1998).

Debido a que en México no existe una investigación completa sobre la contaminación marina en playas, que involucre tanto residuos sólidos urbanos como microplásticos, en el presente estudio se evalúa la generación de ambos tipos de residuos y se analiza la posible existencia de una relación entre la presencia de estos materiales y la calidad ambiental de las playas. Con la finalidad de que la evaluación de la calidad ambiental sea más completa, se emplean diferentes categorías de indicadores relacionados con aspectos de urbanización, conservación, potencial recreativo y gestión de residuos.

2 Objetivos e hipótesis



Autor: Microplásticos en Ambientes Marinos®, 2018

2.1 Objetivo general

Evaluar la presencia de microplásticos en cinco playas mexicanas y su relación con la calidad ambiental, así como con la presencia de residuos sólidos urbanos (RSU)

2.2 Objetivos particulares

- Evaluar la calidad ambiental de las playas seleccionadas mediante indicadores relacionados con las categorías de urbanización, conservación, potencial recreativo y gestión de residuos
- Caracterizar y cuantificar la presencia de residuos sólidos urbanos y microplásticos en las playas seleccionadas
- Evaluar la existencia de correlaciones entre la presencia de microplásticos, de residuos sólidos urbanos y la calidad ambiental en las playas

2.3 Hipótesis

- Las playas que presentan una menor calidad ambiental tendrán una mayor presencia de microplásticos, lo que indicaría que el origen de los microplásticos presentes está relacionado con las actividades desarrolladas en las mismas
- Existe una correlación positiva entre la presencia de microplásticos y de residuos sólidos urbanos

3 Marco teórico



Autor: Microplásticos en Ambientes Marinos®, 2018

En el presente capítulo se presenta una revisión bibliográfica acerca de los temas relacionados con esta investigación. Como primer tema se aborda a los plásticos, se da a conocer su definición, ventajas y desventajas, cómo se clasifican y cuáles son sus diversos usos. Posteriormente, se presenta información sobre la generación y composición de los residuos sólidos urbanos en México, la situación actual de los residuos plásticos y algunas opciones para su manejo integral.

La tercera parte aborda la contaminación en ambientes marinos, cuáles son los tipos más comunes, la situación en México y en que consiste la evaluación de la calidad ambiental en playas. Finalmente se desarrolla el apartado de los microplásticos en ambientes marinos, tema principal del presente proyecto; se explica su clasificación, cuáles son los efectos en el ambiente marino, de qué manera se distribuyen, cómo se monitorean, algunas técnicas de identificación y cuál es la legislación aplicable para este tipo de residuos marinos.

3.1 Los plásticos

Los plásticos son un conjunto de materiales ya sea sintéticos o naturales, fabricados de cadenas moleculares que contienen carbono como elemento principal o primario, el cual también puede ser mezclado con otros elementos como son el hidrógeno, oxígeno y nitrógeno (Cornish , 1997; Das y Tiwari, 2018). La palabra *plástico* deriva del griego *plastikos* que indica que se puede moldear; hace referencia a la flexibilidad o elasticidad del material durante la producción, lo que ayuda a fundirlo o prensarlo para conseguir diversas formas (Plastics Europe, 2019). En la década de 1950 se comenzó la fabricación a gran escala de estos materiales y desde entonces su producción ha aumentado de manera exponencial (Bonanno y Orlando-Bonaca, 2018). Los plásticos, debido a sus múltiples usos y a su versatilidad, se convirtieron en materiales fundamentales para el impulso de la revolución tecnológica (Zalasiewicz et al., 2016).

Actualmente los plásticos son un constituyente básico en la fabricación de una gran variedad de productos de uso común (Bonanno y Orlando-Bonaca, 2018), debido a su bajo costo de producción y propiedades idóneas como son la baja densidad, durabilidad y resistencia a la corrosión (Lopez et al., 2018). Algunos de los campos en donde se emplean son la industria, la construcción, la medicina y la conservación de alimentos, entre otros (Bonanno y Orlando-Bonaca, 2018).

3.1.1 Ventajas y desventajas de los plásticos

Aunque los plásticos presentan propiedades que los favorecen con respecto a otros materiales, también presentan algunas propiedades que pueden ser desfavorables (Cornish, 1997), ambas características se resumen en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Ventajas y desventajas de los plásticos (Cornish , 1997; Díaz del Castillo, 2012)

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Densidad baja (el poliestireno expandido, por ejemplo, tiene una densidad de 10 kg/m³) • Buena elasticidad, ya que soportan grandes esfuerzos sin quebrarse y recobran su forma original al eliminar la fuerza • Bajo coeficiente de fricción • Baja conductividad térmica • Alta resistencia a la corrosión • Reciclabilidad de una proporción amplia de plásticos • Fáciles de fabricar • Bajo costo de producción 	<ul style="list-style-type: none"> • Algunos plásticos presentan baja resistencia a temperaturas elevadas • Baja resistencia a la radiación UV • Algunos plásticos tienen poca dureza superficial y resistencia a la abrasión • Algunos plásticos son flamables • Alta expansión térmica • La mayoría no son biodegradables • Algunos de los aditivos agregados en los plásticos son tóxicos

Los productos plásticos pueden presentar diversas características a la vez, lo cual los hace ideales para aplicaciones donde se requieren tanto propiedades mecánicas como reducción de peso (Cornish, 1997).

3.1.2 Clasificación de los plásticos

Los plásticos pueden clasificarse ya sea por su estructura química, su origen o su comportamiento térmico; generalmente un mismo plástico puede encontrarse en diversos grupos. Para el presente trabajo la clasificación que se manejó es la propuesta por Crawford, la cual se basa en las características más relevantes para el diseño de piezas y la elección de material para una aplicación específica. Con respecto a esta clasificación a continuación se explica en que consiste cada uno de los principales tipos de plásticos (Beltrán y Marcilla, 2012).

- **Termoplásticos**

Este tipo de plásticos pueden ser lineales o ramificados (Beltrán y Marcilla, 2012). Cuando los materiales se calientan sus interacciones intermoleculares disminuyen, volviéndose más suaves hasta llegar a fundirse, y cuando se enfrían se endurecen y regresan a su estado normal (Cornish, 1997; PlasticsEurope, 2018), por lo que pueden fundirse y remodelarse de manera indefinida por diferentes métodos.

Comparados con otros plásticos, los termoplásticos se producen y se utilizan en grandes cantidades, ya que son fáciles de fabricar, económicos y presentan buenas propiedades mecánicas (Beltrán y Marcilla, 2012). Dentro de este grupo de materiales se encuentran a su vez tres tipos de plásticos importantes, según su aplicación, llamados plásticos estándar o commodities, plásticos técnicos y plásticos de especialidad (AIMPLAS, 2015). Los commodities debido a su bajo costo se producen en grandes

volúmenes para emplearse en productos de vida útil corta (Vázquez-Morillas et al., 2014). Los técnicos son ideales para aplicaciones de transporte, electricidad, electrónica, construcción, aparatos y productos de consumo debido a sus buenas propiedades estructurales, de transparencia, resistencia a alta temperatura, resistencia a productos químicos y fuerza mecánica (Plastics Europe, 2019). Finalmente, los de especialidad son aquellos que se diseñan con características específicas para un determinado propósito. Algunos ejemplos son plásticos biodegradables, de cristal líquido, biomédicos y electroluminiscentes (Muhammad, n.d.).

- **Termoestables**

También llamados termofijos (Cornish, 1997), estos materiales tienen una estructura diferente a los termoplásticos, ya que adquieren la forma de una red tridimensional donde los átomos se enlazan por una gran cantidad de enlaces covalentes (Fombuena et al., 2016). Su estado final es de cadenas entrecruzadas, haciéndolos insolubles e incapaces de fundirse.

Una vez que estos materiales son calentados y adquieren rigidez, no se pueden fusionar ni cambiar de forma (Plastics Europe, 2019). Algunos ejemplos de termoestables son los fenólicos (PF), melamina-formaldehído (MF), urea-formaldehído (UF), poliéster insaturado (UP) y resinas epoxi (EP) (Fombuena et al., 2016).

- **Elastómeros**

Conocidos de igual manera como hules, son generalmente compuestos con enlaces dobles en la cadena principal, de tal manera que las cadenas del polímero se encuentran envueltas sobre sí mismas (Beltrán y Marcilla, 2012). Esto les concede un elevado grado de elasticidad, de hasta 30 veces su tamaño normal pudiendo regresar a su forma inicial sin experimentar cambio alguno (Cornish, 1997).

Estos plásticos son resistentes a aceites, grasas y al ozono, muestran buena flexibilidad a bajas temperaturas. No obstante, presentan algunas desventajas como son el procesado lento, lo que conlleva a un alto consumo de tiempo y por ende de energía, además en principio no son reciclables (Beltrán y Marcilla, 2012).

3.1.3 Plásticos estándar o commodities

Dentro de los termoplásticos se encuentran los plásticos commodities, llamados así porque son fabricados y empleados en cantidades muy grandes en virtud de sus buenas características y su bajo costo (AIMPLAS, 2015). Estos plásticos incluyen el polietileno tereftalato (PET), el polietileno de alta (PEAD) y baja densidad (PEBD), el polipropileno (PP), el poliestireno (PS) y el policloruro de vinilo (PVC). Al PP y al PE se les conoce como poliolefinas, dado que son los polímeros que los forman la base están compuestos principalmente por carbono e hidrógeno (Sastri, 2014; Vázquez et al., 2014). Actualmente

los plásticos commodities se usan en una amplia gama de aplicaciones, tales como embalaje, bienes de consumo, construcción, automóviles, electrónicos, textiles, medicinas y farmacéutica, siendo el embalaje la mayor aplicación (Markets y Markets, 2018).

En México la norma NMX-E-232-CNCP-2011 “Industria del plástico-símbolos de identificación de plásticos” establece y describe los símbolos de identificación que deben tener los productos fabricados de plástico, en lo referente al tipo de plástico del que están fabricados. El símbolo está conformado por un triángulo, con un número de identificación en el centro y el acrónimo en la base (SCFI, 2011). Dicha norma incluye algunos de los plásticos commodities con la finalidad de que al ser desechados se facilite su selección, separación, acopio, recolección, reciclado y/o reaprovechamiento. A continuación, se presenta la descripción de cada uno de este tipo de plásticos.

- **Polietilen tereftalato (PET)**

El PET es un termoplástico de alta resistencia que se ha empleado en la producción de fibras textiles desde mediados de 1940. La botella de PET fue patentada por Nathaniel Wyeth en 1973 y se comenzó a emplear ampliamente en la fabricación de botellas desechables de refrescos en 1980. Actualmente los dos grados de PET que predominan en el mercado son PET grado fibra y PET grado botella, el primero se emplea para fabricar hilos técnicos como el cordón para neumáticos y el segundo se utiliza para el envasado de alimentos y bebidas; reemplazó al vidrio ya que en su estado amorfo es “transparente como un cristal” (Al-Sabagh et al., 2016). En la Figura 3.1 se muestra su número de identificación y su estructura molecular.

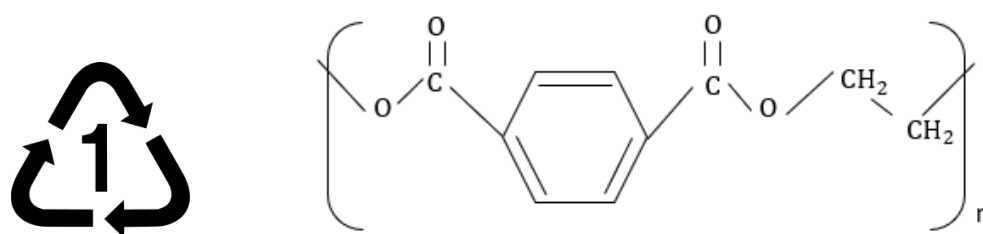


Figura 3.1 Número de identificación y estructura molecular del PET

- **Polietileno de alta densidad (PEAD)**

Es un tipo muy común de PE (Sogancioglu et al., 2017) y se considera uno de los plásticos más comercializables. Se emplea en la fabricación de botellas para bebidas, de leche y de productos de limpieza, bolsas de plástico (Mahmoud et al., 2018), tubos y cables (Sogancioglu et al., 2017). El PEAD es más resistente que el PEBD puesto que actúa como una barrera eficaz frente a la humedad, resiste a

los insectos y permanece sólido a temperatura ambiente (Mahmoud et al., 2018). La Figura 3.2 muestra el número de identificación y la estructura molecular del PEAD.



Figura 3.2 Número de identificación y estructura molecular del PEAD

- **Policloruro de vinilo (PVC)**

El PVC se ha convertido en un plástico global con numerosas aplicaciones debido a su bajo costo y propiedades físicas, químicas y de intemperie. Este polímero se encuentra en tuberías, revestimientos de pisos, aislamiento de cables, láminas para techos, láminas para embalaje, botellas y productos médicos (Doble et al., 2005). En la Figura 3.3 se muestra su número de identificación y su estructura molecular.

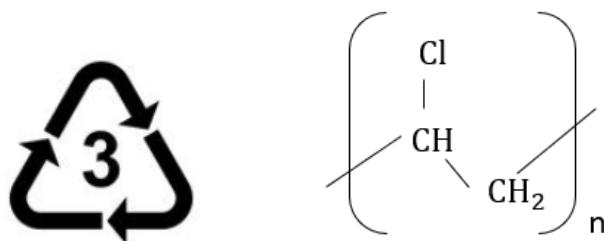


Figura 3.3 Número de identificación y estructura molecular del PVC

- **Polietileno de baja densidad (PEBD)**

El PEBD se emplea principalmente en la fabricación de películas debido a su elongación, flexibilidad (Moreno y Saron, 2017), buenas propiedades de barrera contra la humedad, ausencia de color, bajo punto de fusión y posibilidad de sellarlo por calor. Se usa como capa adhesiva para estructuras multicapa compuestas, como recubrimiento sobre papel para proteger contra el agua (por ejemplo, cartones de leche), en tapas flexibles para tubos de plástico y botellas de compresión blanda (Polat et al., 2018). El PEBD tiene el número de identificación 4. Su estructura química y número de identificación se presentan en la Figura 3.4.

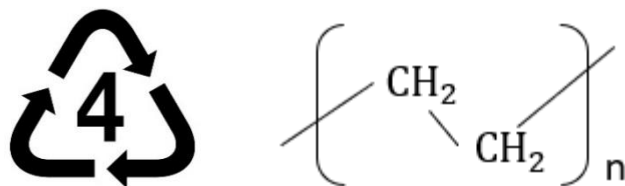


Figura 3.4 Número de identificación y estructura molecular del PEBD

- **Polipropileno (PP)**

El PP puede soportar temperaturas más elevadas que el PE y un manejo menos minucioso, esto hace que tenga oportunidades de mercado diferentes en el campo de los envases. Además, resiste la tensión y el continuo abrir y cerrar que requieren los envases de botella. Debido a su alto punto de fusión se puede emplear para fabricar envases reutilizables con el fin de conservar restos de comida y comida rápida, contenedores para guardar sustancias calientes. De igual forma se aplica en la industria automotriz en el exterior e interior de vehículos. En cuanto a su forma textil el PP es ideal para elaborar pañales desechables, camisetas térmicas y trajes para astronautas (Alvarez, 2014). Tanto la estructura química como el número de identificación del PP se presentan en la Figura 3.5.

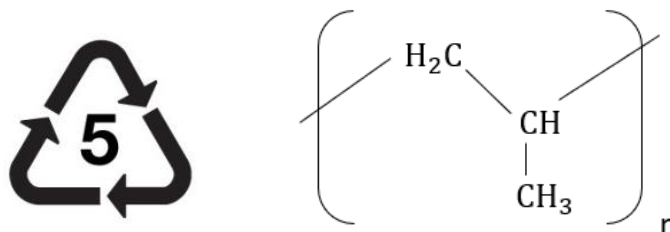


Figura 3.5 Número de identificación y estructura química del PP

- **Poliestireno (PS)**

El PS es un termoplástico no polar, amorfo, transparente y fácil de fabricar, que puede transformarse en una enorme cantidad de semiacabados (espumas, películas y láminas). También se puede usar para fabricar productos terminados, puesto que es un líquido viscoso por encima de su temperatura de transición vítrea que hace que se moldee de manera sencilla. El tipo de PS más común es el poliestireno expandido (unicel) que consiste en microgránulos con un agente de soplado, este material presenta alta resistencia al impacto, es térmicamente aislante y fácil de procesar (Polymerdatabase, 2015). Se utiliza para producir utensilios desechables para comer (vasos, platos, tenedores, cucharas), cartones de huevo, recipientes de comida rápida y aislamiento térmico para la construcción (Encyclopaedia Britannica, 2018^a; Polymerdatabase, 2015). El PS tiene el número 6 y su estructura química se presenta en la Figura 3.6.

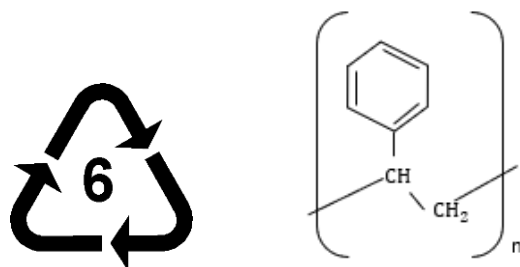


Figura 3.6 Número de identificación y estructura química del PS

3.2 Residuos sólidos urbanos y residuos plásticos

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) son aquellos que se generan en las casas habitación como resultado de la eliminación de materiales que se emplean en actividades domésticas, tales como productos de consumo, envases, embalaje o empaques. También incluyen a los que provienen de cualquier otra actividad que se realice dentro de establecimientos o en la vía pública, con características domiciliarias, y a los que resultan de la limpieza de las vías y lugares públicos siempre que no sean considerados como residuos de otra índole (DOF, 2003).

El aumento de la generación de RSU tiene una estrecha relación con el crecimiento poblacional y el estilo de vida actual, que provocan un consumo más grande de bienes y servicios. La cifra más reciente sobre la generación de RSU en México se publicó en 2015 la cual llegó hasta los 53.1 millones de toneladas anuales y representó un aumento del 61.2% con respecto al 2003. Si esta cifra se expresa per cápita, se tiene una generación de 1.2 kg/habitante-día en promedio durante ese año (SEMARNAT, 2015).

El incremento de la generación de los RSU también puede deberse a otros factores como el desarrollo industrial, los avances tecnológicos, la modificación del modelo de consumo de los habitantes y la distribución de la población sobre el territorio, entre otros. La distribución de la población provoca que la generación de RSU cambie geográficamente, ya que la mayor generación de residuos se da en las zonas donde hay mayor concentración de población. Conforme a lo publicado por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) en 2012, la región Centro alcanzó la generación más alta de RSU (51%), siguiendo la región Frontera Norte con el 16.4% y en tercer lugar la Ciudad de México con el 11.8% (Figura 3.7) (SEMARNAT, 2015).

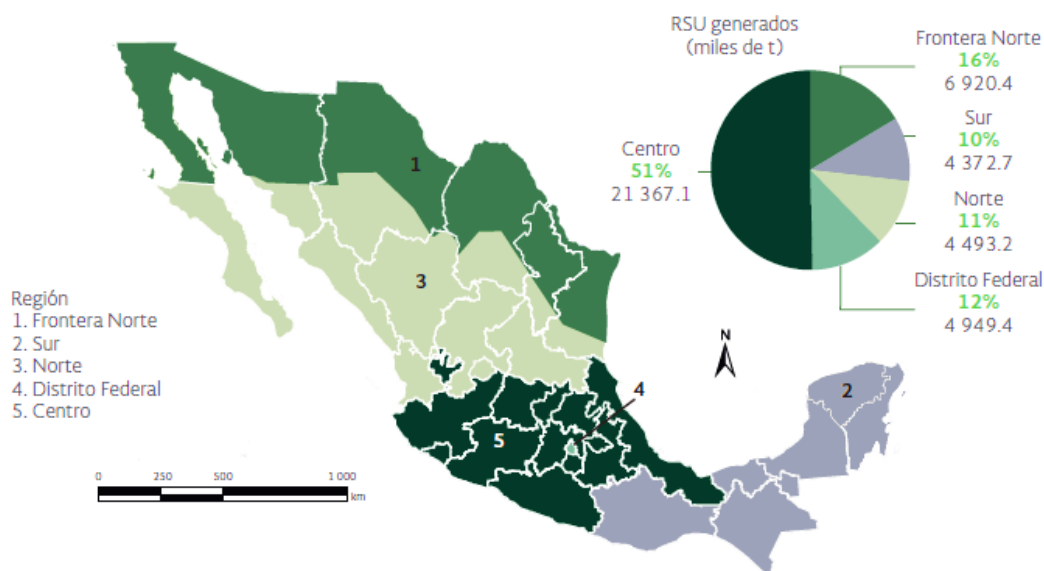


Figura 3.7 Generación de RSU por región, 2012 (SEMARNAT, 2015)

La generación de residuos se encuentra estrechamente relacionada con el progreso de la urbanización, ya que éste viene acompañado por un aumento del poder adquisitivo de la población que trae consigo un estilo de vida con altos niveles de consumo de bienes y servicios, y por ende una mayor producción de residuos. En la Figura 3.8 se observa como las ciudades medias y zonas metropolitanas incrementaron más su generación de residuos que las ciudades pequeñas y localidades rurales o semiurbanas de 1997 al 2012 (SEMARNAT, 2015).

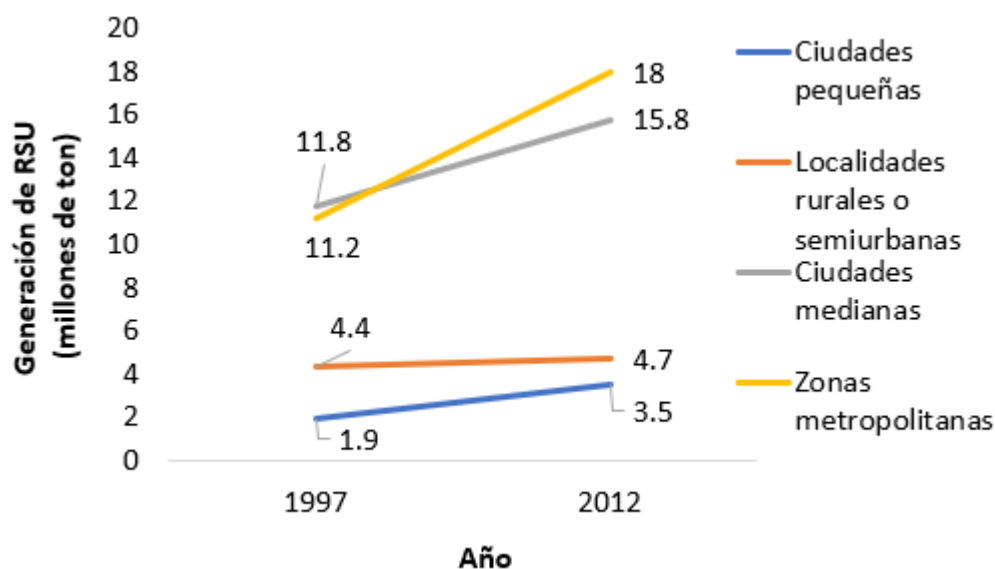


Figura 3.8 Generación de RSU por localidad (1997 y 2012). Datos de SEMARNAT, 2015

3.2.1 Composición de los residuos sólidos urbanos en México

La composición de los RSU varía en cada población, ya que depende básicamente de los patrones de consumo de los habitantes. Generalmente en los países con menos ingresos se generan menos residuos, predominando los orgánicos, en cambio en los países con más ingresos, los residuos que más se producen son inorgánicos provenientes de productos manufacturados que contienen materiales (por ejemplo, envolturas y etiquetas) que terminan como residuos (Acurio et al., 1997).

En la composición de los RSU de México se encuentran los orgánicos con el mayor porcentaje (52.4%), seguidos del papel y cartón (13.8%), otros (12.11%), plásticos (10.9%), vidrios (5.9%), aluminio (1.7%), textiles (1.4%), metales ferrosos (1.1%) y otros metales no ferrosos (0.6 %) (Figura 3.9). Aunque el porcentaje de orgánicos es alto, su proporción ha ido disminuyendo pues en la década de los 50 el porcentaje era de entre el 65 y 70%; este cambio en la composición de los RSU se ha dado por el aumento en la generación de otro tipo de residuos como lo son el papel y los plásticos (SEMARNAT, 2015).

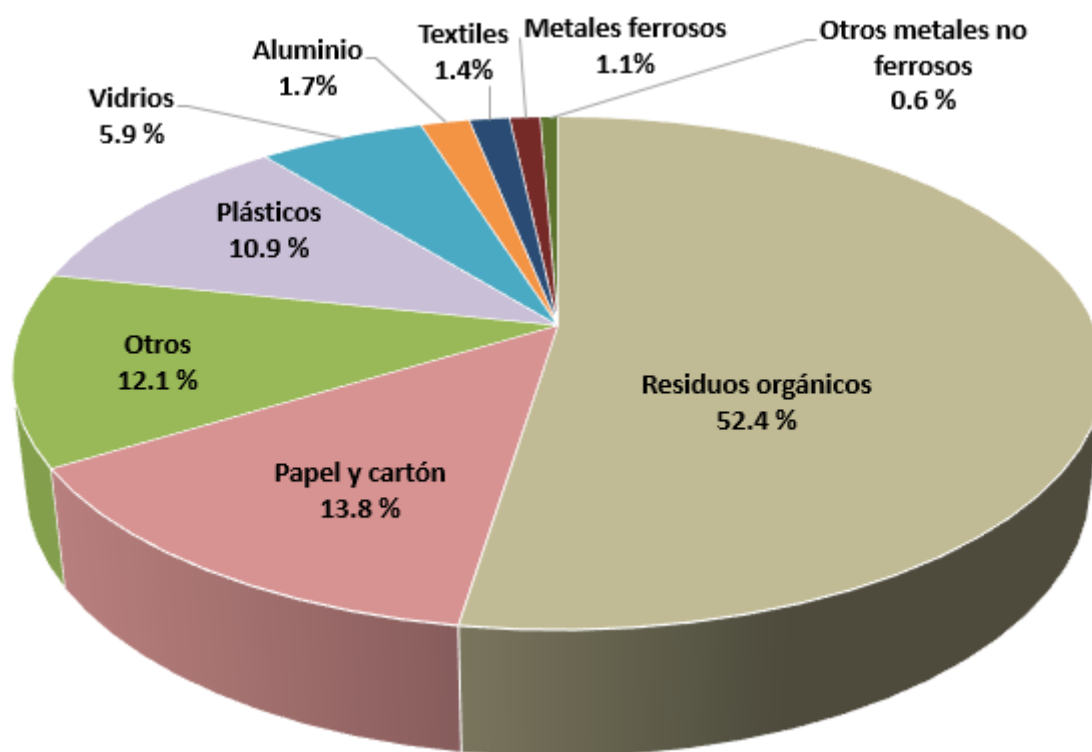


Figura 3.9 Composición de RSU en México 2012. Datos de SEMARNAT, 2015

3.2.2 Residuos plásticos

Desde que tuvo lugar la primera producción a escala industrial de plásticos en la década de 1940, la producción, el consumo y la tasa de generación de residuos plásticos han aumentado de manera considerable (Al-Salem et al., 2009), ya que la facilidad de producción y bajos costos de los plásticos, los han convertido en productos que los consumidores pueden desechar de manera sencilla (Horodytska et al., 2018).

La producción mundial de plásticos ha aumentado de manera exponencial en los últimos años. Con base en estimaciones en 2016 la producción fue de 335 millones de toneladas mientras que en 2017 fue de 348 millones de toneladas. Estas estimaciones se realizaron con base en termoplásticos, PU, termoestables, adhesivos, revestimientos, selladores y fibras de PP, no se contemplaron fibras de PET, de poliamidas (PA) y de poliacrílico. A nivel global la mayor producción de plásticos se concentra en China (29.4 %), seguido de Europa (18.5 %), Norte América (17.7 %) y el resto de Asia (20.7 %) (Plastics Europe, 2018).

Como consecuencia de la alta demanda y producción, la generación mundial de residuos plásticos también está aumentando con tendencias semejantes (Cagnetta et al., 2018). Entre 1950 y 2015 la generación acumulativa de residuos plásticos llegó a 6,300 millones de toneladas, de los cuales 800 millones (12%) han sido incinerados y 600 millones (9%) han sido reciclados (Geyer et al., 2017). Por otro lado, en países desarrollados, particularmente en Estados Unidos, la cantidad de residuos plásticos en 2014 alcanzó los 39.3 millones, equivalentes a 13% más que el 2011 (Anuar Sharuddin et al., 2017). La problemática ambiental derivada de los residuos plásticos radica en que son inertes y, a diferencia de otros materiales (como el papel y algodón,) no se degradan fácilmente en condiciones naturales (Chow et al., 2018).

3.2.3 Opciones de aprovechamiento de los residuos plásticos

Para evitar que los residuos plásticos terminen en el entorno natural o en algún sitio de disposición final pueden someterse a procesos para valorizarlos, y así obtener de ellos nuevos productos de utilidad. Estos procesos o tratamientos incluyen al reciclaje mecánico, reciclaje químico, valorización energética y coprocesamiento (ECOPLAS, 2011). A continuación, se explica en que consiste cada uno de ellos.

- **Reciclaje mecánico**

Es un proceso mecánico por medio del cual el plástico postindustrial o postconsumo se recupera para su posterior reutilización (ECOPLAS, 2011); es una técnica muy empleada ya que es económica y de tecnología fácil. Las dos configuraciones posibles son el circuito cerrado y el circuito abierto (Horodytska et al., 2018). En el primer caso los plásticos reciclados se usan para fabricar el mismo

producto del que inicialmente se recuperaron y en la segunda configuración los plásticos reciclados se utilizan para manufacturar un producto distinto del que en un inicio se recuperaron (Ragaert et al., 2017).

De manera general, este reciclaje incluye la recolección, clasificación, trituración del material, lavado, secado y extrusión (granulación) (ECOPLAS, 2011; Horodytska et al., 2018; Ragaert et al., 2017). Estos pasos pueden ocurrir en un orden distinto dependiendo del origen y composición de los residuos (Ragaert et al., 2017).

- **Reciclaje químico**

Se llama reciclaje químico porque su principio es producir una alteración en la estructura química del polímero. Incluye procesos de tecnología avanzada que transforman los residuos plásticos a moléculas más pequeñas, normalmente líquidos o gases, ideales para emplearse como materia prima en la producción de nuevos plásticos vírgenes y combustibles (Al-Salem et al., 2009). A continuación, se describen de manera breve algunos de los procesos comunes en el reciclaje químico.

Gasificación: los residuos plásticos sufren una oxidación parcial con un agente oxidante, generalmente mezcla de vapor y oxígeno puro o sólo aire, para producir una mezcla de gases (también conocida como gas de síntesis) que contiene CO, CO₂, H₂, CH₄ y otros hidrocarburos ligeros (ECOPLAS, 2011; Ragaert et al., 2017).

El gas de síntesis puede quemarse directamente para recuperar la energía térmica como calor y/o vapor y electricidad; puede convertirse en productos de combustible líquido como crudos, diésel o queroseno; también puede ser procesado para fabricar productos químicos (metanol, etanol, ácido acético, formaldehído y acetato de metilo) comúnmente utilizados en procesos industriales y comerciales (GBB, 2013).

Algunas ventajas de este proceso es que se pueden alimentar residuos plásticos combinados (ECOPLAS, 2011), al emplear aire como agente oxidante se reducen costos y se simplifica el proceso. Sin embargo, la gran desventaja de usar aire es la mayor producción de N₂ (inerte) que provoca una disminución en el valor calorífico de los combustibles resultantes por el efecto de dilución en los gases de combustible (Al-Salem et al., 2009).

Hidrogenación (hidrocraqueo): consiste en la adición de hidrógeno (H₂) a los compuestos plásticos orgánicos por reacción química. Este proceso ocurre alrededor de 70 atm y de 350 a 400 °C para que se lleve a cabo la despolimerización y la descloración (en caso de residuos con PVC) (Al-Salem et al., 2009; Ragaert et al., 2017). Los productos resultantes del hidrocraqueo son hidrocarburos alifáticos gaseosos (mezcla de gases), líquidos semejantes al petróleo y derivados de éste (ECOPLAS, 2011).

Metanólisis: es una técnica aplicada al PET, mediante la cual se le da tratamiento a este polímero, lavado y molido, en una autoclave con metanol a temperaturas de 180 a 280 °C, presión de 20 a 40

atm (ECOPLAS, 2011; Ragaert et al., 2017) y un tiempo de 60 minutos. Esto da lugar a la formación de dimetiltereftalato y etilenglicol, los cuales mediante repolimerización son empleados para fabricar resina virgen para botellas o fibras (ECOPLAS, 2011).

Pirólisis: es la degradación térmica de los residuos sólidos plásticos, tales como la mezcla de PE/PP/PS, envases multicapa, compuestos reforzados con fibra y PU, que son difíciles de despolimerizar. Este proceso de descomposición se lleva a cabo en ausencia de oxígeno donde las macromoléculas de los polímeros se transforman en moléculas más pequeñas en una reacción exotérmica; como productos finales se obtienen gases, líquidos (aceites) y un residuo sólido rico en carbono (Mancheno et al., 2016; Ragaert et al., 2017).

Las técnicas de pirólisis utilizadas en la industria son de baja y de alta temperatura. La primera opera en un rango de temperatura de entre 200 y 500 °C, a estas temperaturas los plásticos se descomponen en oligómeros o monómeros. La segunda técnica entre 600 y 850 °C y se desarrolla en hornos rotatorios o de lecho fluidizado. Se aplica a plásticos mezclados previamente molidos y como producto final se tienen gas, aceite y residuos carbonosos (ECOPLAS, 2011).

Despolimerización química o quimiólisis: consiste en la ruptura de cadenas poliméricas, a través de la adición de un reactivo químico, para obtener los monómeros originales o componentes básicos y así volver a polimerizarlos en nuevos plásticos. Incluye procesos de hidrólisis, glicólisis, metanólisis, así como otros menos comunes, como aminólisis o saponificación (Aguado et al., 2011; CEDEX, 2013), sin embargo, la ruta más aplicada es la hidrólisis. La quimiólisis se aplica a poliésteres, PU, poliacetales y poliamidas (ECOPLAS, 2011).

- **Valorización energética**

En este tratamiento los residuos plásticos se someten a incineración (combustión) para producir energía en forma de calor, vapor y electricidad con eficiencias superiores al 90% (Horodytska et al., 2018). Los materiales plásticos son una fuente de energía de alto rendimiento debido a que tienen un alto valor calorífico, en especial cuando éstos derivan del petróleo crudo (Al-Salem et al., 2009; Horodytska et al., 2018). Una de las ventajas de la incineración es que reduce el volumen de residuos (cerca del 87%) que probablemente se enterrarían en rellenos sanitarios (EIA, 2018), esto resulta favorable cuando hay poco espacio en los sitios de disposición final (Horodytska et al., 2018). La incineración de los residuos plásticos se puede realizar a través de tres diferentes métodos: coincineración con otros residuos en un proceso de combustión de una etapa directa, lecho fluidizado e incineración en dos etapas (Al-Salem et al., 2009; Horodytska et al., 2018).

El requisito para una combustión completa es adición de oxígeno en exceso o estequiométrico, cuando esto sucede los residuos más el oxígeno generan CO₂ y vapor como gases de combustión (Tabasová et al., 2012), no obstante, también se genera material particulado (cenizas o aerosoles con sales de KCl, NaCl, K₂SO₄) el cuál puede incrustarse en la cámara de combustión y aumentar el riesgo de corrosión

(Van Loo y Koppejan, 2008). Si en la incineración no se lleva a cabo una combustión completa se puede producir hollín, alquitrán y CO (gas altamente tóxico) (Larsen y Astrup, 2011; Van Loo y Koppejan, 2008) y dependiendo del tipo de residuos que se agreguen en el proceso puede haber emisiones de NO_x, SO_x, metales pesados (Cu, Pb, Hg, Cd) y gases ácidos (HCl, HF) (MARM, 2011). Para evitar o disminuir estas emisiones, que ocasionan contaminación atmosférica y problemas respiratorios, se recomienda agregar el aire de manera escalonada, modificar la composición y el tamaño de partícula de los residuos (Van Loo y Koppejan, 2008), limpiar los gases de combustión mediante neutralización, emplear ciclones o precipitadores electrostáticos para eliminar partículas sólidas de tamaño pequeño o filtrar los gases de combustión (Tabasová et al., 2012).

- **Coprocesamiento**

En las cementeras los residuos plásticos se emplean continuamente como combustible en los hornos para reducir costos de energía (Horodytska et al., 2018). Las materias primas para fabricar cemento se alimentan al horno donde se convierten en “clinker”. El horno rotatorio tiene una llama en su interior que es alimentada por combustible. Los residuos plásticos se queman y posteriormente se utilizan en el horno rotatorio y/o el quemador secundario, como combustible para precalentar la materia prima (ECOPLAS, 2011).

Los altos hornos para producir hierro también son un destino muy común de los residuos plásticos (Horodytska et al., 2018). En el proceso normal de estos hornos se alimentan materias primas como el mineral de hierro, coque y materias primas auxiliares. El coque se utiliza como combustible para aumentar la temperatura en el horno y además remueve el oxígeno del óxido de hierro, que es el principal constituyente del mineral de hierro. Cuando en estos hornos se usan plásticos recolectados en la industria o post consumo se limpian para eliminar materiales no combustibles y otras impurezas (metales), luego son molidos y a través de una lanza de inyección se suministran junto al coque pulverizado (ECOPLAS, 2011).

3.3 Contaminación en ambientes marinos

El océano es una masa continua de agua que cubre cerca del 71% de la superficie de la Tierra y se encuentra dividido de manera geográfica en distintas regiones. Históricamente los cuatro océanos conocidos son el Atlántico, el Pacífico, el Índico y el Ártico, no obstante, gran parte de los países han distinguido al Antártico como el quinto océano. Los océanos Pacífico, Atlántico e Índico son conocidos como los más importantes (NOAA, 2017a). Los océanos están interconectados entre sí y contienen aproximadamente el 97% del agua de la Tierra. Son el lugar donde surgió la vida hace miles de millones de años (DellaSala et al., 2018).

El océano es muy importante tanto para los humanos como para el planeta, ya que produce más de la mitad del oxígeno del mundo y absorbe 50 veces más CO₂ de la atmósfera, regula el clima, facilita el transporte marítimo para el comercio internacional, es ideal para la práctica de actividades recreativas (NOAA, 2017b), es la única fuente de proteínas silvestres disponible de manera comercial, es el medio para la diversidad de la vida marina (DellaSala et al., 2018) y provee un sumidero de nutrientes erosionados de la tierra (Costanza, 1999).

Las comunidades que se establecen en las zonas costeras se están incrementando y ejerciendo una presión cada vez mayor sobre los ecosistemas costeros y marinos. Los distintos tipos de contaminación marina son una amenaza para la salud del océano y los recursos vivos que habitan en él (Department of State United States of America, 2017), la contaminación proviene de diversas fuentes terrestres, marítimas y aéreas (NOAA, 2018a), de todas estas se estima que alrededor del 80% de la contaminación marina resulta de las actividades terrestres (NOAA, 2017c).

Las fuentes de contaminación marina pueden ser puntuales o no puntuales. La contaminación de fuentes puntuales es aquella que ocurre de una sola fuente, como un derrame de petróleo o de productos químicos, descargas industriales o de aguas residuales. Por otro lado, las no puntuales se dan como resultado de la escorrentía de diferentes fuentes pequeñas tales como, fosas sépticas, automóviles, camiones y barcos, además de fuentes más grandes como granjas, ranchos y áreas forestales (NOAA, 2018b).

Los tipos más frecuentes de contaminación marina son la contaminación por nutrientes y los residuos marinos (Department of State United States of America, 2017). La contaminación por nutrientes se da cuando hay un exceso de nitrógeno y fósforo (provenientes de actividades humanas o naturales) en un cuerpo de agua (NOAA, 2018b), esto ocasiona un crecimiento abundante de algas que bloquean la luz necesaria para que las plantas marinas crezcan. Cuando las algas y plantas marinas se descomponen en el fondo del agua se consumen grandes cantidades de oxígeno, ocasionando que el nivel de oxígeno disuelto en el agua disminuya y como consecuencia los peces, cangrejos, ostras y otros animales marinos pueden morir (NOAA, 2018c).

En cuanto a los residuos marinos, son un gran problema de contaminación persistente en el océano (NOAA, 2018b). El crecimiento constante de la cantidad de residuos sólidos que genera el ser humano y la lenta velocidad de degradación de éstos ocasionan un incremento escalonado de la cantidad de residuos hallados en el mar, en el fondo marino y a lo largo de la zona costera de todo el mundo (UNEP, n.d.). Los residuos pueden incluir plástico, madera, metal, vidrio y papel, de todos estos el plástico es el que se encuentra en un mayor porcentaje (80 %) y puede permanecer en el medio marino por muchos años. La presencia de residuos marinos ocasiona que algunos animales del mar como ballenas, focas, tortugas y peces sufran lesiones y lleguen a morir al quedar atrapados en los residuos (Comisión Europea, 2013).

Los residuos marinos provienen tanto de actividades terrestres como las que se realizan en el mar (Comisión Europea, 2013), sin embargo, se ha estimado que alrededor del 80 % de los residuos que se

encuentran en los ambientes marinos corresponde a actividades llevadas a cabo en la tierra (EEA, 2016), que incluyen el vertido de residuos en las costas, ensuciamiento de las playas y la destrucción de buques. Los eventos naturales de alta energía como tormentas e inundaciones desplazan los residuos generados por las actividades humanas hacia el mar, donde posteriormente se hunden o son arrastrados por las corrientes marinas (UNEP, n.d.). El resto de los residuos marinos es el resultado de las actividades pesqueras, transporte marítimo, plataformas petroleras y el sistema de alcantarillado (EEA, 2016).

Actualmente, los océanos y cursos de agua están contaminados con distintos tipos de residuos marinos (NOAA, 2018b), sin embargo, los principales son los plásticos. En la medida que el ser humano ha desarrollado nuevos usos para los plásticos, la cantidad y la diversidad de tales artículos que hay en los ambientes marinos se ha elevado dramáticamente. Comúnmente se encuentran desde materiales domésticos típicos (bolsas, vasos de EPS y botellas) hasta productos industriales (láminas de plástico, cascos y bandas de fleje) y residuos de pesca perdidos u olvidados (redes, boyas y trampas). Los residuos plásticos tienen muchas formas y tamaños, pero los que miden de entre 1 y 5 mm (en cualquiera de sus tres dimensiones) se denominan “microplásticos” (NOAA, 2018d).

3.3.1 Elementos de los ambientes marinos

El océano está constituido por una serie de elementos, cada uno de ellos tiene características propias, así como distintas funciones que los hacen indispensables. A continuación, se describe cada uno de ellos, así como su importancia.

- **Fondo marino**

El fondo marino es la base de la vida en el océano (Oceana EU, n.d.), está constituido por varios tipos de terreno como placas continentales poco profundas e inclinadas, vastas planicies abismales y trincheras profundas (Andrade, 2015). Sin embargo, se caracteriza más por tener dorsales marinas (Figura 3.10), que son grandes montañas submarinas con una altura promedio de 2000 m que tienen un canal por donde sale el magma que viene de la astenósfera (capa superior del manto terrestre que está debajo de la litósfera) (UDU, 2014). Diversos estudios científicos han demostrado que las montañas submarinas son montículos que se forman como resultado del crecimiento de los corales durante miles de años (Oceana EU, n.d.). El lecho marino también está compuesto por grandes fosas marinas, por ejemplo, la fosa de las Marianas que es una trinchera (zona muy profunda) de aguas profundas ubicada principalmente al este y sur de las Islas Marianas (Encyclopaedia Britannica, 2018b).

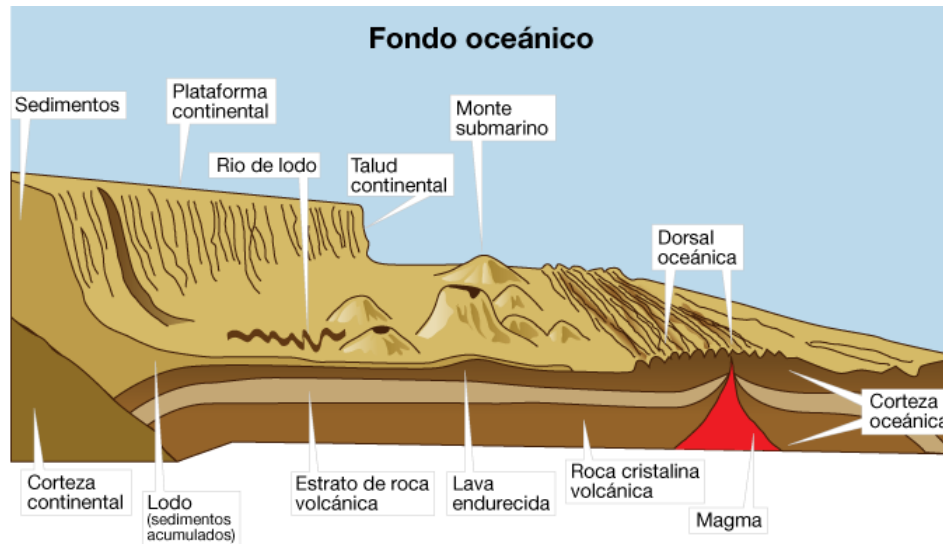


Figura 3.10 Esquema del fondo oceánico (Agrega, 2010)

- **Agua de mar**

El agua de mar es una mezcla compleja, el 96.5% es agua pura y el 3.5% corresponde a compuestos disueltos (principalmente sales). Las propiedades físicas y químicas del agua cambian dependiendo de cuál sea la latitud, la profundidad, la proximidad a la tierra y la entrada de agua dulce (Encyclopaedia Britannica, 2018c). El agua de mar es una fuente muy rica de distintos elementos químicos importantes a nivel comercial, tal es el caso del magnesio que se recupera del agua de mar y del cloruro de sodio (sal de mesa) que en algunas partes del mundo se extrae evaporando el agua de mar (Encyclopaedia Britannica, 2018d).

El agua de mar está compuesta principalmente por diversos iones, los más abundantes son cloro (Cl^- , 55 %), sodio (Na^+ , 30.6 %), sulfato (SO_4^{2-} , 7.7 %), magnesio (Mg^{2+} , 3.65 %), calcio (Ca^{2+} , 1.17 %) y potasio (K^+ , 1.13 %), todos estos constituyen cerca del 99% en peso del total de las sales marinas (Ocean Plasma, n.d.). La porción de estas sales en un volumen de agua de mar varía como consecuencia de la adición o eliminación de agua, ya sea por precipitación o evaporación (Encyclopaedia Britannica, 2018d).

Otra propiedad importante del agua de mar es su pH que se encuentra alrededor de 8.3. Cuando en el océano aumenta la cantidad de CO_2 absorbido disminuye el pH global del agua debido a que el CO_2 reacciona con el agua y forma ácido carbónico (H_2CO_3) (Encyclopaedia Britannica, 2018; Orr et al., 2005), esto ocasiona acidificación en los océanos la cual reduce la calcificación al agotarse los iones carbonato (CO_3^{2-}) y por lo tanto afecta a los organismos que producen conchas y esqueletos de carbonato de calcio (Feely et al., 2004; Orr et al., 2005).

- **Sedimentos**

Los sedimentos marinos son la acumulación final de los materiales producidos en las aguas superficiales y de los que entran al mar, ya sea por procesos naturales o antropogénicos (Valdés y Castillo, 2014). Pueden estar constituidos por partículas pequeñas tales como arena, arcilla o limo (sedimentos terrígenos) o por esqueletos de plantas microscópicas u organismos diminutos (sedimentos biogénicos) que se han depositado en el lecho marino. Algunas de estas partículas se comprimen y dan lugar a capas estratificadas (USF, 2002).

Los sedimentos en los ambientes marinos son transportados por las olas, la lluvia, el viento, las corrientes y las mareas (CRD, n.d.), esto ocasiona que generalmente las partículas más grandes y más pesadas se depositen rápidamente en el lecho marino por la acción de la gravedad, la arena se deposite cerca de la costa y las partículas más pequeñas de limo y arcilla se trasladen a distancias más alejadas de la costa (USF, 2002). Debido a todos los medios de transporte de sedimentos y a la erosión o deposición que puede haber en las playas, es posible que estas contengan sedimentos de diversos tamaños, desde rocas grandes hasta arena fina o barro (CRD, n.d.).

En la superficie del agua puede haber reacciones químicas que den lugar a sedimentos precipitados con un gran potencial para el aprovechamiento minero (Valdés, 2010), este tipo de sedimentos generalmente contienen elevadas cantidades de cobre, manganeso y zinc (USF, 2002). Otro tipo de sedimentos presentes en las aguas profundas son los que contienen cenizas volcánicas como silicatos y fragmentos finos de rocas volcánicas (Encyclopaedia Britannica, 2018e).

- **Biota**

La biota marina incluye tanto plantas como animales que se encuentran condicionados a factores biológicos, físicos y químicos, tales como la luz, la temperatura, la salinidad, el oxígeno y el pH. A los organismos que viven en el fondo marino o cerca de él se les conoce como bentónicos (fitobentos a las plantas y zoobentos a los animales) (Espinosa y Ortea, n.d.).

La flora marina es muy importante porque propicia la producción de biomasa vegetal a través de la luz solar y nutrientes, que constituyen la fuente básica de alimentos para la vida en el océano y también para los humanos, además funciona como hábitat para otras especies, por ejemplo, las macroalgas, los pastos marinos y los corales, que dan lugar a grandes bosques submarinos o arrecifes que sirven como hábitat para moluscos, crustáceos y peces (World Ocean Review, 2010).

En cuanto a la fauna marina, ésta es muy diversa y varía en tamaño desde el zooplancton hasta la ballena azul. La fauna marina son aquellos animales (tiburones, ballenas, delfines, peces y crustáceos) que pasan toda su vida en el océano, sin embargo, también incluye a aquellos animales (tortugas, focas, leones marinos, pingüinos y cangrejos) que van o entra al océano para reproducción o descanso. (EPA, 2016). Las diversas especies de la fauna marina brindan diversos servicios ecosistémicos como el suministro de alimentos y medicinas, apoyan al turismo y a las actividades recreativas a nivel mundial,

sin embargo, la pesca de arrastre ha dañado gran parte del ecosistema marino de manera irreversible que los hábitats de dichas especies se encuentran amenazados, por lo tanto es fundamental proteger a estas especies para que sigan proporcionando los diversos servicios ecosistémicos (IUCN, 2018).

- **Corrientes marinas**

Son movimientos continuos del agua que se dan tanto en la superficie como en la profundidad, son provocadas por la gravedad, la fricción del viento, las mareas y la densidad del agua en distintas partes del océano (Encyclopaedia Britannica, 2018f) (Figura 3.11). Las características de la costa y del mar determinan su dirección, ubicación y velocidad. El Efecto Coriolis que resulta de la rotación de la tierra también interviene en estas corrientes (NOAA, 2011^a).

Las corrientes superficiales se dan por efecto del viento sobre la superficie, afectan a los primeros 300 o 400 m y suelen transportar material ligero en suspensión. Si tienen gran velocidad, en zonas tropicales pueden cambiar la morfología costera, en cambio, si transportan arcilla generan corrientes de turbidez (UDC, 2012). Estas corrientes también transfieren calor de los trópicos a las zonas polares incidiendo en el clima local y global (NOAA, 2011a). Las corrientes profundas son originadas cuando el agua salada, densa y fría se hunde en el fondo del océano y el agua más cálida tiende a surgir hacia la superficie del océano (Encyclopedia.com, 2009).

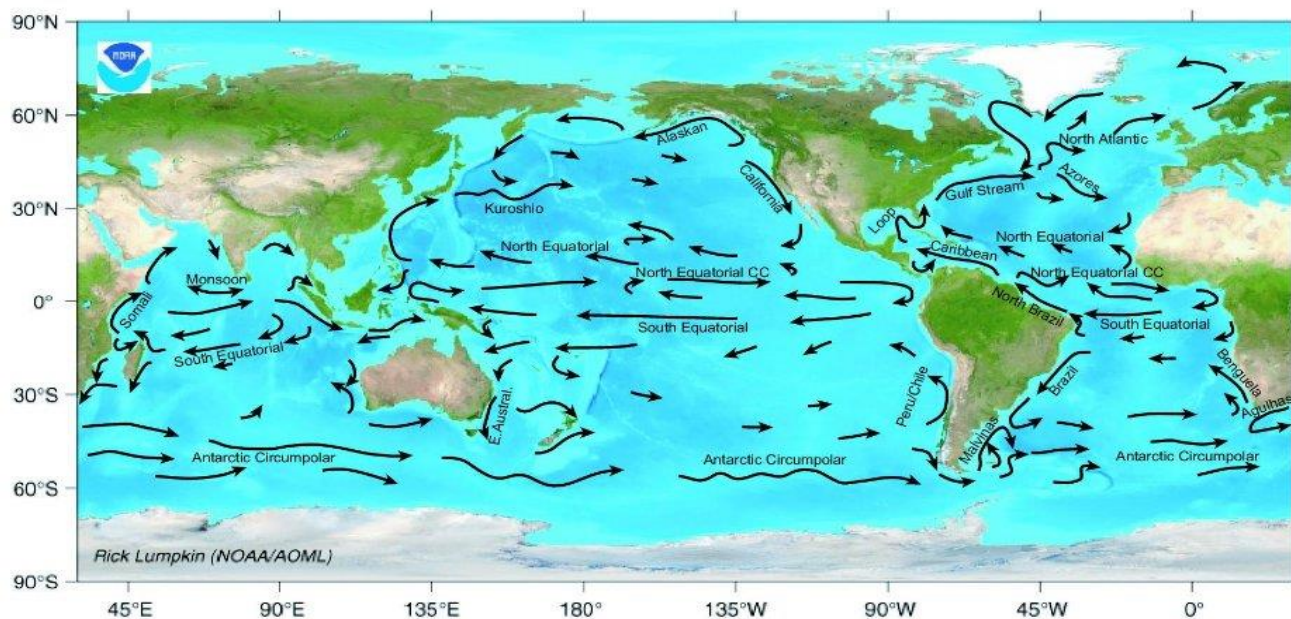


Figura 3.11 Corrientes marinas globales en los océanos (NOAA, 2011b)

- **Mareas**

La palabra “mareas” hace referencia al ascenso y descenso del nivel del mar como producto de la atracción gravitacional entre la luna y el sol (NOAA Tides y Currents, 2013). El tipo de marea define el tiempo de exposición en la región intermareal, la actividad biológica y la velocidad de las corrientes. A causa del desplazamiento de las grandes masas de agua entre la bajamar y la pleamar se originan corrientes periódicas ligadas a la elevación y al constante descenso del nivel del mar. Las mareas pueden ser unidireccionales o giratorias y pueden tener velocidades de hasta 20 km/h (UDC, 2012).

- **Olas**

Las olas son ondas que se producen en la superficie de un cuerpo de agua por la acción del viento, ya que cuanto este sopla sobre el océano, el mar, ríos, lagos o canales forma ondulaciones de diversos tamaños, forma y fuerza. Entre más fuerte sea el viento más grandes serán las olas (GeoEnciclopedia, n.d.). Las olas pueden manifestar efectos erosivos, de transporte y sedimentación muy fuertes. Los tres tipos de olas que normalmente se conocen son (UDC, 2012):

Olas libres u oscilatorias: ocurren en toda la superficie del mar y se generan por las variaciones del nivel de éste. En este tipo de olas el agua no avanza, únicamente hay un giro al subir y bajar prácticamente en el mismo sitio donde se dio lugar al ascenso de la ola; estas olas se dan en menos de 30 segundos.

Olas de borrasca: se originan por el viento y a veces pueden ser altas como resultado de los huracanes.

Olas de tsunamis: se generan a partir de terremotos o explosiones volcánicas. Puede haber dos escenarios, el primero es que en medio de la alteración se hundan las aguas y el segundo que las olas se levanten explosivamente.

- **Playa**

Una playa es la orilla de un cuerpo de agua que contiene arena, piedras o rocas. Se localiza entre los límites inferior y superior de las mareas baja y alta (Moreno-Casasola, 2004). Las playas son ambientes muy dinámicos y autorregulados, su “comportamiento” depende de la energía de las olas, la cantidad y tipo de arena, la orientación de la playa y la tasa de incremento o descenso del nivel del mar (Martínez, 2010).

Las playas, además de brindar la oportunidad de realizar diferentes actividades recreativas como navegar, pescar, nadar, caminar, recolectar objetos, observar aves y el paisaje, jugar y tomar el sol (EPA, 2019) también proveen servicios ecosistémicos, tales como, regulación del clima, que favorece la protección de territorios frente a grandes tormentas, erosión, sedimentación y transporte; abastecimiento de la pesca y productos marinos y suministro de hábitat para especies relevantes

(UNMP, 2016). Las playas tienen un papel muy importante en la economía , ya que, el desarrollo de las ciudades costeras depende básicamente de las actividades turísticas que se lleven a cabo en dicha región (EPA, 2019).

Los tipos de playa varían dependiendo del oleaje y el tipo de sedimento, los geomorfólogos (expertos que estudian la formación de la corteza terrestre) clasifican las playas dependiendo de la energía del oleaje y de su impacto en la playa. De acuerdo con esta agrupación, las playas pueden ser reflectivas y disipativas (Martínez, 2010). Las reflectivas se caracterizan porque son playas angostas, con una pendiente muy pronunciada, las olas pequeñas (0 – 1 m), el sedimento es grueso, la zona de olas es estrecha y generalmente en la parte superior de la playa se tiene una elevación (NIWA, 2016a). Por otro lado, las playas disipativas son de alta energía con una amplia zona de oleaje (300 – 500 m), las olas son altas, tienen poca pendiente, sedimento fino y son anchas (NIWA, 2016b). También puede haber playas intermedias con aspectos de las reflectivas y disipativas (Martínez, 2010). La longitud de las playas puede ser desde unos cuantos metros hasta cientos de kilómetros (Coastal Care, 2016).

En la mayoría de las playas, gran parte de la arena (excepto conchas marinas) contiene cuarzo y feldespato; estos minerales vienen de rocas ígneas y metamórficas que generalmente son muy viejas. Los materiales que conforman las playas son pequeños fragmentos de rocas erosionadas que se han depositado a través del viento y el agua (Coastal Care, 2016). El color de las playas de arena puede ser rosa, verde, blanco u oscuro. La arena blanca es originaria de pedazos de coral muerto; este esqueleto es blanco ya que está hecho de carbonato de calcio (mineral disponible también en tiza y huesos humanos) (UCSB, 2017). Las playas con arena verde son de ese color porque el tipo de roca que dio lugar a la arena (un tipo de lava llamado basalto) tiene altas cantidades de un mineral verde conocido como olivino, la arena de color rosa puede venir muy probablemente de los corales (Ecoembes, 2016) y la arena de color negro frecuentemente proviene de hornblenda y en ocasiones de mica biotita (UCSB, 2017). Sin embargo, la arena más común es la que posee una tonalidad café claro, ya que se origina a partir del cuarzo (Instituto de Ecología, n.d.).

3.3.2 Contaminación en playas

La contaminación de las playas se debe a la presencia de fenómenos naturales (mareas rojas, lluvias intensas, huracanes, cambios climáticos repentinos) y a las actividades humanas en la región costera y continental. Cuando hay un exceso de lluvia durante las tormentas, el agua presente en las zonas interiores busca la salida hacia el mar y acarrea materiales orgánicos naturales, residuos domésticos, gasolina y aceites automotrices depositados en calles pavimentadas (COFEPRIS, 2010). Otros contaminantes que llegan a las playas provienen de distintas actividades llevadas a cabo cerca de los ríos, mares y lagunas. Algunos de estos son (COFEPRIS, 2010):

- Fertilizantes o plaguicidas empleados en zonas agrícolas
- Derrames de fosas sépticas, plantas de tratamiento o alcantarillados
- Residuos de granjas

- Residuos de recubrimientos arquitectónicos (impermeabilizantes y pinturas)
- Residuos orgánicos arrojados al mar por restaurantes que no cuentan con la infraestructura para eliminar sus residuos
- Residuos de pescados y mariscos resultado de la actividad de los pescadores al limpiar sus productos en las playas
- Residuos de barcos y otras embarcaciones pequeñas (aceites o residuos)
- Descargas de drenaje (tratadas o no) de origen doméstico, agrícola o industrial

El material y/o equipo de pesca abandonado o perdido es un problema importante ya que puede enredar, herir, mutilar y ahogar a la fauna marina (NOAA, 2018b). Por otro lado, los residuos que dejan las personas en las playas terminan en el mar porque el viento y las olas los transportan. Al haber contaminación en la costa se limita la posibilidad de usar las playas con fines económicos, recreativos y estéticos. La contaminación degrada y destruye los hábitats naturales de la flora y la fauna. Además, el uso excesivo de las playas llega a deteriorar gradualmente el hábitat pues se erosionan las dunas y se destruye la vegetación. El tráfico de embarcaciones cerca de las zonas costeras puede propiciar la erosión de las playas por la acción de las olas (US EPA, 2018).

Uno de los principales residuos que se encuentra hoy en día en los ambientes marinos son los plásticos (NOAA, 2018d), se estima que a nivel mundial ingresan cerca de 8 millones de toneladas/año al océano (UNEP, n.d.). Los plásticos ingresan al medio marino debido a una gestión de residuos ineficaz o inadecuada, derrames intencionales o accidentales, residuos en las costas o el mar o por escorrentías de las aguas pluviales. Generalmente, los plásticos de mayor tamaño se degradan a piezas cada vez más pequeñas hasta llegar a lo que se conoce como microplásticos (NOAA, 2018d). La mayoría de las playas de todo el mundo están contaminadas por microplásticos y pellets. Cuando las playas están cubiertas por residuos y el agua no es apta para bañarse se restringe el uso de éstas y terminan cerrándose (UNESCO, 2017).

3.3.3 Contaminación marina en México

Los mares y costas mexicanas son parte fundamental del territorio mexicano para la seguridad, la soberanía y el desarrollo sustentable del país. La riqueza natural que se encuentra en estas zonas debe conservarse y gestionarse de manera sustentable, empleando la mejor y mayor información científica y tecnológica disponible; se debe impulsar su crecimiento para el bienestar de los habitantes, para dar la oportunidad de que las generaciones futuras las disfruten y aprovecharlas teniendo en cuenta la responsabilidad y equidad (Botello, 2016).

La República Mexicana está integrada por 32 entidades federativas. Cuenta con 17 estados costeros que tienen apertura al mar, 11 de ellos se encuentran en el Océano Pacífico (Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas,) y seis en el Golfo de México y Mar Caribe (Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo); juntos equivalen el 56% del territorio nacional (Hernández et al., n.d.). En estas 17 entidades,

150 municipios tienen litoral y conforman el 21% de la superficie continental del país (CONABIO, 2015).

La longitud costera del país, excluyendo a las islas, es de 11,122 km. El litoral Pacífico y Golfo de California suman 7,828 km y en el Golfo de México y mar Caribe se tienen 3,294 km. La costa está dividida en cinco regiones marinas, que se muestran en la Figura 3.12 (CONABIO, 2015).



Figura 3.12 Grandes regiones marinas de México (Arriaga-Cabrera et al., 1998)

La contaminación en mares y costas de México es un problema complejo, en el que intervienen diversos sectores del gobierno y población; genera impactos locales o regionales en la calidad del ambiente y la salud humana (CIMARES, 2010).

El monitoreo de los contaminantes marinos y costeros tiene un elevado costo económico, lo cual ha restringido el desarrollo y la disposición de información científica de manera regular, de gran cobertura, con metodologías iguales y que comprenda un amplio número de contaminantes (CIMARES, 2010). No obstante, existen esfuerzos de instituciones gubernamentales y del sector educativo que son importantes. Como ejemplo de estos esfuerzos se dan a conocer algunos de los resultados más relevantes de trabajos del INE, CINVESTAV y UNAM (CONABIO, 2015):

- No es factible crear un patrón general de comportamiento para toda la costa mexicana, pero en la mayoría de los frentes asociados a centros urbanos, industriales y áreas de desarrollo pecuario del Pacífico y del Golfo de México, el común denominador en sus cuerpos de agua costeros y frentes de playa es la contaminación por coliformes fecales y totales; hay pueblos en los que han llegado a excederse más de 5 veces los valores establecidos en las normas aplicables para sólidos suspendidos totales, grasas, aceites, detergentes, cadmio y cobre.

- En el análisis de la contaminación relacionada a metales pesados en ríos y ecosistemas costeros y plataforma continental del Golfo de México, se descubrió la presencia de cadmio, plomo, cobre, níquel, hierro, zinc, aluminio, vanadio, manganeso y titanio.

En cuanto a esfuerzos institucionales a nivel federal, estos son llevados a cabo por la Secretaría de Marina que se encarga de prevenir y controlar la contaminación marítima, así como la protección y vigilancia al ambiente marino (SEMAR, 2017). Esta instancia de gobierno realiza desde hace varios años campañas de muestreo de la calidad de agua en mares y costas de la República Mexicana. Además, se dispone del Programa Integral de Playas Limpias, iniciado en 2003 con la colaboración de CONAGUA y las Secretarías de Marina, Medio Ambiente, Turismo, Salud y la COFEPRIS, estas dos últimas, con base en lineamientos que definen monitorean la calidad ambiental del agua en las playas (CONAGUA, 2017).

Por otro lado, con la finalidad de fomentar la calidad ambiental, sanitaria, de seguridad y de servicios de las playas mexicanas, se publicó en la NMX-AA-120-SCFI-2016. Esta norma establece los requisitos y especificaciones de sustentabilidad de calidad de playas, y plantea un esquema de certificación del cumplimiento de criterios de desempeño sustentable de una playa en las modalidades de uso recreativo y prioritaria para la conservación (SCFI, 2016).

A nivel internacional se cuenta con un programa denominado Limpieza Costera Internacional (LCI). Este programa inició hace más de 30 años (1986 en Estados Unidos y 1989 a nivel internacional) y se encarga de recolectar (cada año) residuos tanto de las costas como de aguas marinas y lechos marinos, de las playas que se encuentran dentro del programa, con la finalidad de mantener limpias las playas; todas las personas que participan en la limpieza son voluntarias (Ocean Conservancy, 2011, 2018^a).

En la LCI únicamente participan cinco estados de la República Mexicana (Baja California, Colima, Quintana Roo, Sonora y Tamaulipas) de manera regular, de todas las 17 entidades que cuentan con apertura al mar, esto indica poca participación nacional (Ocean Conservancy, 2018b). En la Tabla 3.2 se muestran los datos publicados, por Ocean Conservancy, de la participación de México en el programa LCI para el periodo de 2013 – 2017 (Ocean Conservancy, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018b).

Tabla 3.2 Histórico de LCI en México. Datos de Ocean Conservancy, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018b

Aspecto	Años				
	2013	2014	2015	2016	2017
Número total de voluntarios	11,718	15,742	17,989	20,588	13,722
Masa total de residuos recolectados (kg)	52,219.82	60,237.07	61,833.26	59,600	44,688.00
Distancia total recorrida (km)	125.05	216.30	217.8	205	490.00
Número total de artículos recolectados	336,046	341,114	403,709	898,234	378,206
Número de residuos por persona	28.5	21.7	22.44	43.63	27.56

En la información presentada se puede ver que el número de participantes y el número de artículos recolectados en el programa de LCI en México aumentó en el periodo 2013-2016, pero en 2017 ambos presentaron un decremento. En cuanto a la masa de residuos se aprecia como ésta disminuyó en 2016 y 2017.

Los kilómetros totales recorridos disminuyeron en 2016, si se relaciona este resultado con la masa total y el número de artículos recolectados en ese año se puede decir que en las costas mexicanas durante esa LCI hubo un mayor número de residuos, pero más ligeros (probablemente plásticos).

En la Figura 3.13 se muestran los tipos de residuos que más se recolectaron en las costas mexicanas en el periodo 2013-2017. Como se observa, en todos los años de este periodo las colillas, las botellas de bebidas y las tapas de plástico han contribuido con un número de piezas significativas a los residuos de la costa, sin embargo, el número de botellas de plástico provenientes de bebidas incrementó de 34,692 piezas en 2015 a 535,206 piezas en 2016.

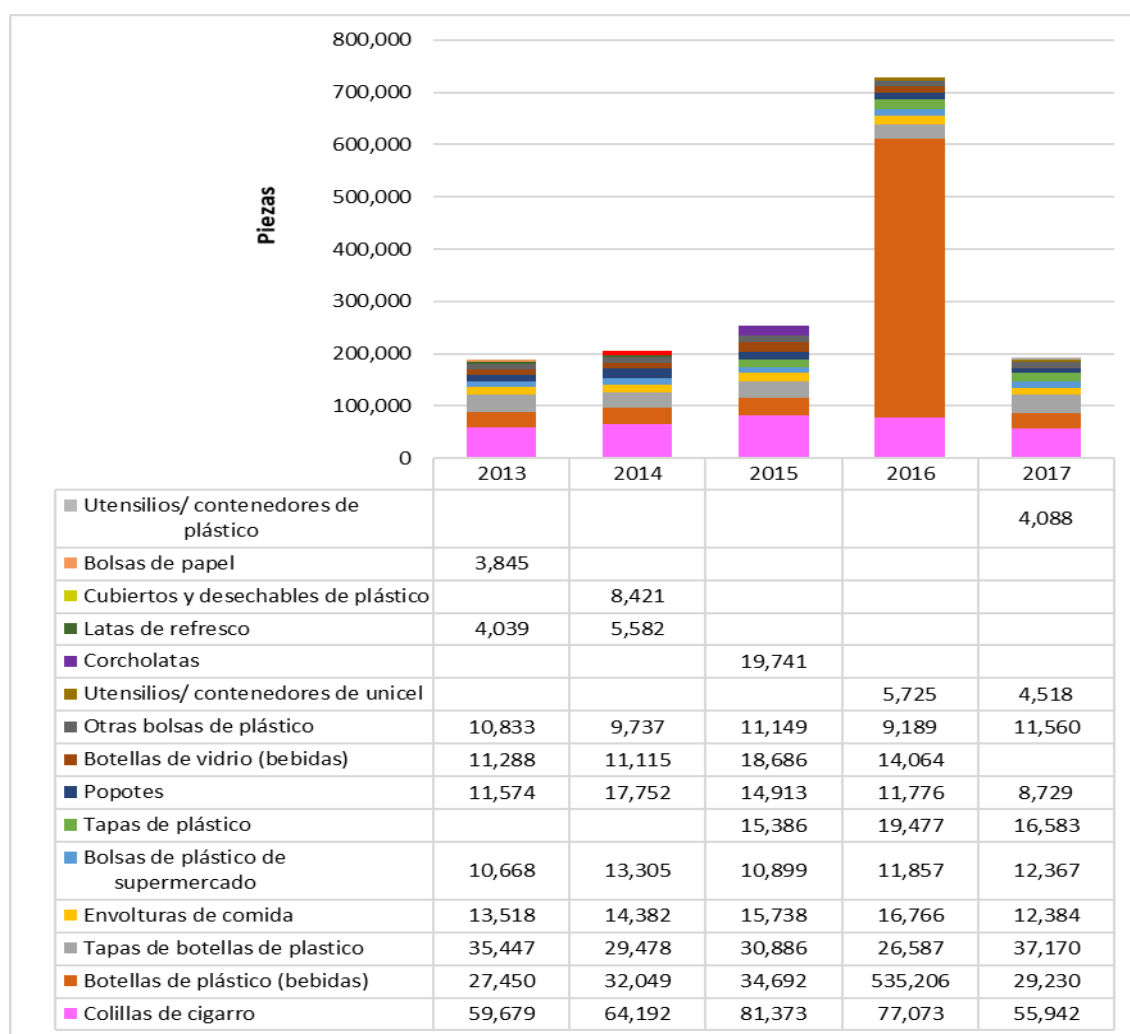


Figura 3.13 Residuos en la costa Mexicana. Ocean Conservancy, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018b

3.3.4 Evaluación de la calidad ambiental en playas

Las playas son uno de los activos medioambientales más importantes de las zonas costeras, ya que como se mencionó, no sólo son la base de la actividad turística, sino que también son el sostén de una gran riqueza biológica (Yepes, 2002).

Los diversos usos (residencial, explotación de recursos, turístico-recreativos, de conservación y protección de diversidad, entre otros) que se dan en las playas ocasionan conflictos de intereses entre los actores involucrados, que tienen diferentes puntos de vista con respecto a su conservación y su aprovechamiento (UNMP, 2016); que las presiones antropogénicas intensas (recreación y cambio climático) originan impactos ambientales significativos (Defeo et al., 2009; Yepes, 2007).

De lo anterior, surge la necesidad de compaginar la funcionalidad de estos espacios, frecuentados de forma masiva, con los problemas de conservación y estabilidad de la ribera del mar a través de una gestión de la playa (Yepes, 2007). En las últimas décadas la gestión de playas se ha dirigido hacia la calidad ambiental debido a que se ha enfrentado al reto de renovarse, para mantenerse en el mercado turístico cada vez más competitivo, porque los turistas exigen destinos de playa que cumplan con aspectos ecológicos y de sostenibilidad. Esto ha convertido a lo ambiental en el aspecto clave para ganar competitividad en los destinos turísticos (UNMP, 2016).

La calidad ambiental se enfoca en el valor asignado al ambiente en una situación y momento determinados a través de variables ambientales que influyen tanto en la calidad de vida presente y futura como en el monitoreo y control. Involucra la planificación, organización, dirección y control de sus recursos para el correcto desarrollo de sus actividades, conservación de las playas y satisfacción de necesidades y expectativas (UNMP, 2016).

Aunque los aspectos turísticos forman parte de los objetivos no son los únicos (Yepes, 2002); es por ello que la evaluación de la calidad ambiental debe ser integral, considerando a las playas como un espacio donde conviven procesos y actores diferentes entre sí, es decir, se deben incluir todas las funciones de la playa y los servicios ecosistémicos que ésta provee; esto a través de la combinación de recursos materiales y humanos, los cuales se distribuyen y disponen para cumplir los objetivos. Así pues la calidad ambiental es entendida de diversas maneras, desde seguridad de los usuarios, percepción estética, limpieza y gestión de los residuos, salud ecosistémica y manejo de la playa en general (UNMP, 2016).

Lo anterior ayuda a utilizar efectivamente la playa como un recurso nacional valioso; estimular al turismo; aumentar la calidad de las actividades recreativas; contribuir a la mejora de los asentamientos urbanos cercanos; mejorar la protección costera; facilitar el seguimiento, la regulación, la planificación y toma de decisiones; y a promocionar el desarrollo costero sostenible; entre otros beneficios (Williams y Micallef, 2009).

Algunos de los instrumentos empleados para mejorar la calidad ambiental directa o indirectamente son las certificaciones (UNMP, 2016) o la evaluación de indicadores (Anfuso et al., 2014; García, 2012;

Rangel-Buitrago, Williams, et al., 2018; Santiago, 2010). Estos procesos son de carácter voluntario y tienen la finalidad de promover la incorporación de productos y servicios que cumplan con criterios ecológicos a partir del seguimiento de indicadores ambientales y de la implementación de buenas prácticas (UNMP, 2016).

Ejemplos de certificaciones en México es la Blue Flag y la norma mexicana NMX-AA-120-SCFI-2016. En el primer caso, es un distintivo internacional que se otorga a playas y marinas que alcanzan la “excelencia” en la gestión y manejo ambiental, seguridad y servicios, educación ambiental y calidad de agua (Blue Flag México, 2018). En el segundo caso es una norma que establece los requisitos y especificaciones de calidad de agua, residuos sólidos, infraestructura costera, biodiversidad, seguridad y servicios, educación ambiental y contaminación por ruido, para playas recreativas o prioritarias para la conservación que quieran certificarse como sustentables (SCFI, 2016).

3.4 Microplásticos en ambientes marinos

Como ya se mencionó anteriormente, uno de los residuos que comúnmente se encuentra en los océanos son los plásticos (NOAA, 2018e) y por ende la contaminación por este tipo de residuos ha presentado una mayor atención en las últimas décadas. Las tasas lentas de degradación, la persistencia en el ambiente, así como el uso insostenible y el inadecuado manejo de estos residuos los convierten en un contaminante ambiental relevante (Hengstmann et al., 2018).

Los residuos plásticos que entran al océano se dirigirán a la superficie del mar, se desplazarán a la orilla o se sumergirán en el fondo marino. Durante dicho curso, los residuos plásticos (particularmente en las playas) están expuestos a la radiación ultravioleta (UV) y se fragmentan para convertirse en trozos más pequeños (Sagawa et al., 2018). A los fragmentos de plástico que tienen un tamaño menor a 5 mm se les conoce como microplásticos (MP), y actualmente se les considera como contaminantes emergentes que están presentes en todos los compartimentos ambientales (Bosker et al., 2018), especialmente en las regiones costeras con actividades recreativas de alta intensidad (Zhou et al., 2018).

El medio marino ha sido identificado como un sumidero relevante para los MP (Bosker et al., 2018). En las últimas cuatro décadas la concentración de MP parece haber aumentado considerablemente en aguas superficiales del océano (PNUMA, 2014), así como en playas, representando una amenaza para la salud de los ecosistemas marinos (Bagaev et al., 2017; Kunz et al., 2016).

La extensa presencia de estos materiales en agua de mar y sedimentos ha sido investigada en playas, estuarios y submareales, aguas superficiales, así como en sedimentos del fondo de mares y lagos interiores (Zhou et al., 2018). Sin embargo, la contaminación por microplásticos en playas de México solo ha sido estudiado por Retama et al., 2016 en Huatulco, Oaxaca, Alvarez et al., 2017 y Rosado-Piña et al., 2018 en Tuxpan, Veracruz y Piñon-Colin et al., 2018 en la península de Baja California. Aun cuando se han realizado estas investigaciones hace falta más información acerca de la generación de microplásticos, las formas más comunes que pueden encontrarse, su color, el tamaño y tipo de

polímero más abundantes o a que profundidad se encuentra más concentraciones de microplásticos, entre otros aspectos.

3.4.1 Clasificación de los microplásticos

Normalmente se distinguen dos tipos de MP, los primarios y los secundarios. Los primarios son aquellos que se fabrican a nivel industrial en una escala de milímetros (Andrady, 2017; Lots et al., 2017) y con frecuencia son agregados a productos de cuidado personal, tales como exfoliantes, cosméticos, pastas de dientes y cremas faciales. En algunas ocasiones, este tipo de MP ha llegado a reemplazar ingredientes naturales, por ejemplo, semillas, conchas de piedra pómez o de arena. En las fuentes primarias también se encuentran los MP que se emplean como materia prima para la fabricación de productos industriales, denominados pellets, los cuales presentan formas esféricas o cilíndricas, con un diámetro en milímetros (PNUMA, 2014).

Una fracción de estos materiales ingresan al ambiente mientras su fabricación y transporte, debido a la mala gestión de las operaciones, o uso de los productos (PNUMA, 2014). Además, pueden entrar a través de plantas de tratamiento de aguas residuales y sistemas de drenaje industrial (Lots et al., 2017).

Por otro lado, los MP secundarios son el resultado de la fragmentación de los plásticos de mayor tamaño, ya sea por fotodegradación (degradación por radiación UV), oxidación o esfuerzos mecánicos. Este tipo de MP incluye fragmentos de fibras textiles que se liberan del lavado de telas sintéticas (Andrady, 2017) y fragmentos de bolsas o botellas de plástico, entre otros. La degradación por intemperización es la más dominante en los MP secundarios presentes en las playas, donde las temperaturas y concentraciones de oxígeno son más altas que en el agua (Lots et al., 2017).

Existe un amplio rango en las características fisicoquímicas de los microplásticos (Bosker et al., 2018). En cuanto a las formas, las más relevantes que han sido observadas en el medio marino son esferas, fibras, fragmentos irregulares y gránulos (de Carvalho y Baptista Neto, 2016); las escalas de tamaño pueden ir desde nanómetros hasta milímetros (Bosker et al., 2018); los diferentes tipos de polímeros que se han identificado en los MP incluyen al PVC, PE, PS, PP, PET y PU (Anderson et al., 2016) siendo el PE, PP y PS los de mayor incidencia (Lee et al., 2014) y los colores de MP más abundantes que han ingerido algunas especies marinas son transparente, azul, negro, rojo y gris (Alomar et al., 2017; Alomar y Deudero, 2017; Bellas et al., 2016; Carreras-Colom et al., 2018; Peters et al., 2017).

3.4.2 Efectos de los microplásticos en ambientes marinos

La presencia de MP en la costa y el océano se ha convertido en una preocupación importante a nivel mundial debido a los impactos que causa en los ambientes marinos (Sagawa et al., 2018; Zhou et al., 2018). La región costera es la conexión entre los ecosistemas terrestres y marinos, se caracteriza por

una amplia biodiversidad. Por consiguiente, en dicha zona la contaminación es aún más propensa a tener impactos en la biota (Hengstmann et al., 2018).

- **Ingestión de MP en fauna marina**

Los MP representan mayor riesgo para organismos acuáticos que los residuos plásticos de mayor tamaño (de Carvalho y Baptista Neto, 2016), debido a su omnipresencia reportada en ecosistemas marinos, largos tiempos de residencia, velocidad lenta de degradación (Anderson et al., 2016) y a la propensión de ser ingeridos por organismos que ocupan niveles tróficos inferiores (de Carvalho y Baptista Neto, 2016).

A medida que aumenta la cantidad de MP también aumenta la biodisponibilidad para las especies marinas. Las interrelaciones biológicas de los MP con la biota marina son fundamentales para comprender su movimiento, impacto y destino en el medio marino. La ingestión de partículas de MP se ha observado en zonas oceánicas a nivel mundial en un amplio rango de especies marinas (Auta et al., 2017) y se considera que hay dos casos principales en los que la fauna marina puede ingerir MP: como generalmente el tamaño y apariencia de estas partículas son parecidas a las del plancton, pueden ingerirse intencionalmente o por confusión con los alimentos o accidentalmente en la alimentación por filtro (Wesch et al., 2016). El segundo caso es cuando las especies marinas (bivalvos, caracoles, esponjas, gusanos, percebes, corales, algunos peces, aves y ballenas) se alimentan al separar partículas de los alimentos del agua (PRI, 2018).

Los MP en el medio marino pueden entrar en la cadena alimenticia al ser ingeridos por organismos con un nivel trófico inferior (comprendidos el zooplancton y copépodos), ya que posteriormente estos organismos son ingeridos como alimento por los organismos con niveles tróficos superiores mediante la bioacumulación (de Carvalho y Baptista Neto, 2016). El consumo de MP es frecuente en una gran variedad de organismos marinos con distintos niveles tróficos que incluyen vertebrados (especialmente lombrices), mejillones, percebe, pepino de mar, anfípodos y zooplancton, así como aves, peces, tortugas y mamíferos que comen peces (Auta et al., 2017).

La ingesta de MP en las especies marinas puede provocar efectos mecánicos, tales como la unión del polímero a superficies externas que dificultan movilidad y la obstrucción del tracto digestivo, reducción de la fertilidad, posiblemente por una nutrición deficiente o incompleta o efectos químicos como la inflamación, estrés hepático o disminución del crecimiento (Auta et al., 2017). Por ejemplo, en los copépodos la ingesta simultánea de microbeads (microperlas) y algas disminuye la tasa de ingestión de estas últimas. Sin embargo, otras especies, como los gusanos poliquetos ingieren y expulsan microesferas de plástico sin aparentemente ninguna afectación, lo que significa que esto depende del tipo de respuestas en los diferentes taxones (Messinetti et al., 2018). En las diversas investigaciones que se han realizado sobre la ingestión de MP por organismos marinos se estudia el contenido estomacal o del tracto gastrointestinal (TGI) (Jabeen et al., 2017).

- **Capacidad de adsorber contaminantes orgánicos persistentes (COP) y metales**

Los MP pueden contener contaminantes orgánicos, ya sea que hayan sido agregados durante la producción del plástico o absorbidos del agua de mar, funcionando como secuestradores y transportadores contaminantes orgánicos (Auta et al., 2017). Otro proceso que suele darse muy comúnmente es la adsorción, tiene un comportamiento a la vez físico y químico, la adsorción física depende de la cantidad de superficie específica y las fuerzas de Van der Waals, mientras que la química depende de la afinidad hacia determinados contaminantes orgánicos superficies hidrófobas de los MP comparado con el agua de mar (Wang et al., 2016).

La gran relación área superficial/volumen de los MP los hace ideales para contaminarse por la presencia de contaminantes transferidos por el agua como los contaminantes orgánicos persistentes (COP), metales y disruptores endocrinos (Auta et al., 2017). Los plásticos que contienen COP's se localizan a nivel mundial desde regiones costeras hasta los ambientes más lejanos de los giros subtropicales, las concentraciones de estos contaminantes en los plásticos pueden incrementar hasta un orden de 10^6 (Wang et al., 2016) en comparación con el medio. Sin embargo, la cantidad de contaminante que puedan adsorber los MP depende del tipo de polímero y su estado (Auta et al., 2017).

Se ha encontrado que el PVC, PE, PP y PS presentan una gran capacidad de sorción para DDT, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), hexaclorociclohexanos y bencenos clorados (Lee et al., 2014). Tal es el caso de una investigación realizada en México en la cual microplásticos muestreados en una playa de Tuxpan, Veracruz presentaron concentraciones de hidrocarburos adsorbidos desde 1014 hasta 5453 mg/kg MP. Lo anterior evidencia que los microplásticos funcionan como medio para el transporte de contaminantes (Mendoza, 2018).

Asimismo, se ha descubierto que los pellets presentes en diferentes playas del mundo contienen compuestos orgánicos persistentes (COP) como los bifenilos policlorados (BPC) y plaguicidas organohalogenados (Heskett et al., 2012). En cuanto a los metales pesados, se ha visto que las principales fuentes de estos que entran al ambiente marino son las pinturas antiincrustantes, combustibles y los residuos industriales. En diversas investigaciones se ha detectado que los pellets de muestreados en el agua de mar contienen algunos metales como el aluminio (Al), cobre (Cu), plata (Ag), zinc (Zn), plomo (Pb), hierro (Fe) y manganeso (Mn) (Auta et al., 2017).

Los MP que han adsorbido COP y metales pesados pueden trasladarse a través del océano y contaminar fácilmente otros ecosistemas. Además, los MP con contaminantes pueden ser ingeridos por las especies marinas y causar daños en estos organismos (Auta et al., 2017). Por otro lado, al ser ingeridos los COP (a través de los MP) por peces, aves y mamíferos marinos, los compuestos que penetran en la estructura del plástico pueden filtrarse hacia sus tejidos y si algunas de estas especies marinas son consumidas por el ser humano dichos compuestos pueden causar efectos crónicos sobre su salud, incluyendo la interrupción del sistema hormonal (disrupción endocrina), induciendo cambios genéticos (mutagenicidad) y el cáncer (carcinogénesis) (PNUMA, 2014).

3.4.3 Distribución en ambientes marinos

El transporte y la dispersión de los MP en los océanos en el mundo se da a través de los depósitos marinos, es decir, en las costas, las playas, en los sedimentos del fondo marino y en las aguas superficiales desde el Ártico hasta la Antártida, donde se concentran en zonas alejadas (Auta et al., 2017). Para definir el alcance de la contaminación por MP en el medio marino es necesario comprender la distribución de los MP en tales almacenes del sistema marino (Sagawa et al., 2018). La distribución de MP está determinada por la densidad de las partículas, la ubicación de las fuentes y el transporte mediante las corrientes oceánicas y las olas (Auta et al., 2017). Sin embargo, uno de los factores más importantes en la distribución y acumulación de microplásticos son las corrientes oceánicas (Bosker et al., 2018), ya que esto les permite dispersarse de manera sencilla y extensa (Auta et al., 2017).

A los sistemas de grandes de corrientes oceánicas rotatorias se les conoce como giros oceánicos (Figura 3.14). Existen cinco giros principales: los giros subtropicales del Pacífico norte y sur, los giros subtropicales del Atlántico norte y sur y el giro subtropical del océano Índico (NOAA, 2018f). Los giros oceánicos y las zonas convergentes son considerados como áreas importantes de acumulación, ya que el modelo de rotación de las corrientes ocasiona la captura de altas concentraciones de plásticos y el movimiento de estos al centro de la región. Debido a que los giros están se encuentran en todos los océanos del mundo, la acumulación de microplásticos puede ser considerada como un fenómeno global, tal como se ha reportado en las últimas cuatro décadas (A. Lusher, 2015).

Los primeros estudios sobre la presencia de microplásticos en el ambiente marino iniciaron en los años 2000. Actualmente, la investigación ha evidenciado que los MP han ingresado de manera omnipresente en el medio acuático, sin dejar fuera a las regiones polares, el mar profundo y las islas (Auta et al., 2017). Los MP se han encontrado en diversas regiones tales como, Europa, Asia, América, India e incluso regiones polares, y se ha reconocido a Asia Oriental como un posible punto problemático (Li, 2018). No obstante, las estimaciones cuantitativas de la abundancia global y la masa de los microplásticos en el océano aún son muy limitadas porque la comparación de los resultados entre los diversos estudios son comúnmente complicadas ya que no hay metodologías estandarizadas, unidades de normalización, expresión de datos, definición, tamaño y caracterización de los MP referidos (Avio et al., 2017).



Figura 3.14 Cinco giros oceánicos principales (Arizona State University, n.d.)

Se ha documentado la distribución de los MP en varias zonas con concentraciones que se han reportado en unidades de superficie, volumen o masa, estas estadísticas de distribución en el medio acuático muestran altas concentraciones de MP que son muy preocupantes ya que causan impactos en la vida acuática (Avio et al., 2017). En la Tabla 3.3 se muestran las concentraciones y porcentajes de microplásticos encontrados (con respecto al total de residuos plásticos o al total de muestras tomadas) que se han encontrado en algunos lugares. Se observa que de todos los ambientes marinos los que tuvieron mayor porcentaje de microplásticos fueron las aguas polares árticas (95%), estuario del Yangtze y Mar Oriental de China (90%) y el Noreste del Océano Atlántico (89%).

Tabla 3.3 Concentraciones de MP en algunos ambientes marinos

Ambiente marino	% de microplásticos	Concentración	Referencia
Noreste del Océano Atlántico	89 ^a	2.46 MP/m ³	Lusher et al., 2014
Aguas polares árticas	95 ^b	0-1.31 MP/m ³	Lusher et al., 2015
Jade Bay, Mar del Norte Meridional	80 ^b	Pellets: 1,770 MP/L Fibras: 650 MP/L	Dubaish y Liebezeit, 2013
Costa Portuguesa	53 ^a	1,289 MP/m ² (en total)	Antunes et al., 2013

a= porcentaje con respecto al total de residuos plásticos; b= porcentaje con respecto al total de muestras

Tabla 3.4 Continuación. Concentraciones de MP en algunos ambientes marinos

Ambiente marino	% de microplásticos	Concentración	Referencia
Estuario del Yangtze y Mar Oriental de China	90 ^a	Estuario: 500-10,200 MP/m ³ Mar: 0.030-0.455 MP/m ³	Zhao et al., 2014

a= porcentaje con respecto al total de residuos plásticos; b= porcentaje con respecto al total de muestras

3.4.4 Monitoreo de microplásticos en ambientes marinos y costeros

Existen diferentes técnicas de muestreo para el estudio de microplásticos, dependiendo del medio que se desee analizar. En la Tabla 3.4 se muestra un resumen de los medios en donde se puede realizar el muestreo y cuáles son los equipos, materiales o procesos empleados (Posch, 2017).

Tabla 3.4 Muestreo de microplásticos en diferentes zonas marinas (Silva et al., 2018)

Medio	Equipo / Proceso
Agua	
Superficie del agua	Colección con una red de arrastre con una abertura rectangular y una red conectada con una bolsa colectora / red neuston / catamarán; muestreo de “agarre” (botellas)
Nivel medio del agua	Colección con redes de bongo
Sedimentos	
Ejemplos de fondo	Colección con un captador de caja
Muestras de superficie	Colección con cucharas de hierro o espátulas de muestreo no plásticas
Muestras de fondos marinos	Colección con redes de arrastre
Tejido biológico	Disección (todos los animales marinos), egestión y regurgitación (aves marinas)

En la Figura 3.15 se presentan imágenes de los tipos de redes empleadas en los muestreos en agua de mar (Silva et al., 2018). La apertura de las mallas de las redes varía de manera considerable, ya que van desde 53 µm a 3 mm, lo que influye en el volumen y naturaleza de los MP obtenidos a partir de las muestras (Posch, 2017).

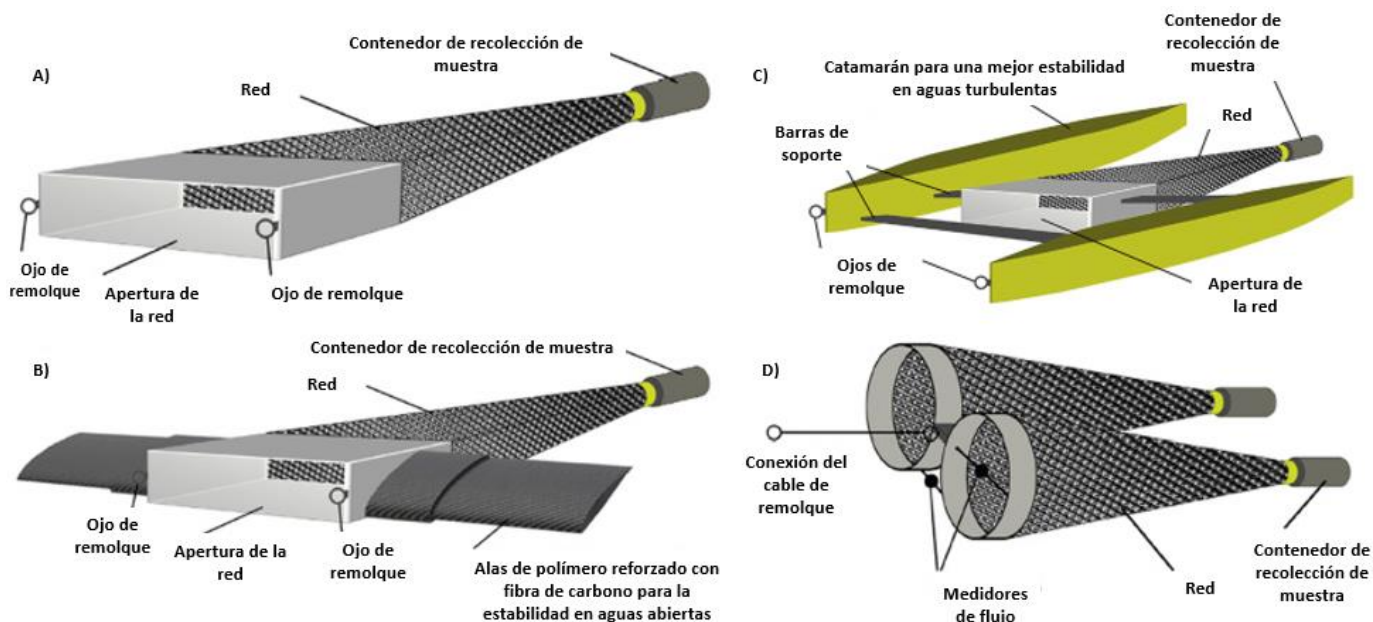


Figura 3.15 Tipos de redes: A) neuston, B) manta de arrastre, C) catamarán y D) bongo (Silva et al., 2018)

En el medio marino (superficie del mar, columna de agua, sedimento y biota) las técnicas de muestreo pueden ser de tres diferentes tipos (Posch, 2017):

1. *Muestreo selectivo:* las muestras de MP que van de 1 a 5 mm, generalmente provenientes de sedimentos, se recolectan mediante extracción directa, ya que se distinguen a simple vista
2. *Muestreo de reducción de volumen:* se reduce el volumen de la muestra recolectada para extraer únicamente el material de interés
3. *Muestreo a granel o bulk:* el volumen de la muestra ya sea de agua o sedimento, se recolecta completamente sin hacerle una reducción

- **Muestreo de microplásticos en playa**

En este apartado se aborda detalladamente el método de muestreo empleado para sedimentos en playa.

Selección del sitio de muestreo

Para este tipo de muestreo primero debe realizarse el diseño del estudio, es decir, determinar si se quiere estudiar la contaminación de MP en un país, en una ciudad o en una playa (A Rocha International, 2018). Se ha identificado que la mayoría de los estudios deciden muestrear entre cinco y 18 playas las cuales son representativas de un municipio o de alguna ciudad (Abu-Hilal y Al-Najjar, 2009; Corcoran et al., 2009). Después de determinar el alcance del estudio se debe seleccionar la

ubicación de la zona donde se realizará el muestreo y así como la longitud del transecto la cual comúnmente es de 100 m (Besley et al., 2017; A Rocha International, 2018; Stock et al., 2019).

Temporada del muestreo

Los eventos meteorológicos, los aspectos geográficos y la temporada de muestreo influyen en la distribución de los microplásticos y por lo tanto esto también impacta en las concentraciones presentes en la playa (Correia-Prata et al., 2019). Debido a lo anterior se debe tener claro cuál es el objetivo del estudio, si este es monitorear periódicamente la concentración de microplásticos en una playa, el muestreo debe realizarse en intervalos regulares para que los períodos de acumulación sean de aproximadamente la misma periodicidad (A Rocha International, 2018). El Subgrupo Técnico de Residuos Marinos de la directiva marco de la estrategia marina (MSFD por sus siglas en inglés) de la comisión europea recomienda realizar el muestreo una vez por estación, es decir cuatro veces al año, de la siguiente manera (MSFD Technical Subgroup on Marine Litter, 2013):

- Invierno – de mediados de diciembre a mediados de enero
- Primavera – abril
- Verano – de mediados de junio a mediados de julio
- Otoño – de mediados de septiembre a mediados de octubre

Selección de transectos

Ya que se seleccionó el sitio de estudio, así como la temporada de muestreo, se pueden identificar zonas específicas de muestreo. Dependiendo de la ubicación de la zona se pueden muestrear una zona o más, algunas investigaciones distinguen tres o cuatro zonas (línea de marea alta, media, baja o línea de costa) por playa las cuales se pueden situar paralelas a la costa y en el mismo transecto (Besley et al., 2017; Constant et al., 2019), no obstante, la mayoría de los investigadores muestrean en una zona la cual suele ser donde se encuentra la línea de marea alta o pleamar ya que ahí es donde se presenta la máxima acumulación de residuos (Hidalgo-Ruz et al., 2012). Se recomienda identificar el inicio y fin de cada transecto mediante puntos de referencia permanentes. Si es posible, se deben registrar las coordenadas GPS de los puntos de inicio y final (A Rocha International, 2018).

Toma de muestras

Para la recolección de muestras se pueden emplear muestreadores cuadrados o cilíndricos. En el caso de los cuadrados estos pueden ser de diversas dimensiones, pero las más comunes son 0.5 x 0.5 m (Abayomi et al., 2017; Bosker et al., 2018; Rosado-Piña et al., 2018) y 1 x 1 m (de Carvalho y Baptista Neto, 2016; Karthik et al., 2018; Haibo Zhang et al., 2018). Los muestreadores cilíndricos no son tan comunes como los cuadrados; en un estudio el diámetro y altura considerados para el muestreador fueron 25 cm y 1.5 cm, respectivamente (Yu et al., 2018). Independientemente de su forma,

generalmente el muestreador elegido se ubica a lo largo del transecto en posiciones seleccionadas aleatoriamente (A Rocha International, 2018).

Además del tipo de muestreador también es importante establecer la profundidad de muestreo y el número de muestras. Con relación a la profundidad, si las muestras se toman superficialmente las concentraciones de microplásticos se expresarán por unidad de área (m^2) en cambio, si se toman a una profundidad específica las concentraciones de microplásticos además de reportarse en términos del área también pueden expresarse en términos de volumen (m^3) (Van Cauwenberghe et al., 2015). En cuanto al segundo punto, en una investigación Besley et al., (2017) realizó un análisis estadístico para conocer el número de muestras representativo a tomar en los estudios de microplásticos. Dicho análisis estadístico arrojó que si se busca tener una desviación estándar y un nivel de confianza de 0.5 y 90%, respectivamente se necesitan tomar 11 muestras y si se quiere un nivel de confianza del 99% el número de muestras debe ser 22. No obstante en ese mismo estudio se realizó una revisión bibliográfica de otras investigaciones de microplásticos y se encontró que de un total de 22 trabajos 17 toman de 1 a 12 muestras.

Por otro lado, para evitar la contaminación se recomienda emplear muestreadores metálicos, recolectar las muestras de sedimentos con palas o cucharas metálicas, medir la profundidad con una regla metálica (en el caso de los muestreadores cuadrados) y guardar las muestras en recipientes de vidrio o metal en lugar de plástico (Besley et al., 2017; Stock et al., 2019).

Tamizado de las muestras

La arena recolectada se debe tamizar para obtener las piezas de 5 mm hasta en límite inferior deseado. Las aperturas de las mallas varían, pero se puede colocar un tamiz metálico con una malla de 5 mm en la parte superior de un tamiz con una malla de 1 mm (Figura 3.16) (A Rocha International, 2018), una columna de tamices de diferentes aperturas para separar los microplásticos por tamaño (Constant et al., 2019) o sólo empleando un tamiz de 5 mm para separar todo lo que sea menor a ese tamaño (Besley et al., 2017). Con ayuda de una paleta o cuchara se coloca la arena en el tamiz superior y si la arena esta húmeda se le agrega agua de mar filtrada para facilitar el tamizado (A Rocha International, 2018).



Figura 3.16 Tamizado de la arena recolectada (A Rocha International, 2018)

3.4.5 Técnicas de identificación

Una vez que se cuenta con la muestra tamizada las piezas que se sospecha que son MP pueden detectarse empleando diversas técnicas. La detección de MP se centra en la identificación visual de partículas plásticas aparentes o posibles, seguida de la confirmación mediante un análisis de composición química, generalmente combinando técnicas ópticas y espectroscópicas con la finalidad de descartar la aparición de falsos positivos y/o falsos negativos (Silva et al., 2018).

- **Identificación visual**

El primer examen que se le realiza a la muestra es la observación visual, que se hace a través de la observación a simple vista o con la ayuda de microscopía óptica (Silva et al., 2018). La identificación visual permite separar los plásticos de otros materiales, como residuos orgánicos (fragmentos de conchas, partes de animales, algas secas, o pastos marinos, etc.) y otros artículos (revestimientos de pintura de metal, alquitrán, vidrio, etc.) (Hidalgo-Ruz et al., 2012).

Los MP grandes se pueden identificar fácilmente a simple vista, mientras que para los más pequeños puede emplearse un microscopio, los MP y en algunos casos confirmar mediante espectroscopía (Rezania et al., 2018). En la microscopía óptica se puede observar la textura de la superficie. El color, la forma, la textura de la superficie y cualquier otra característica que ayude a distinguir los MP de otras partículas, se utilizan para su separación de los materiales u artículos de la muestra (Silva et al., 2018).

La identificación visual es una técnica rápida, simple y barata que puede llevarse a cabo *in situ* durante el muestreo de MP. Sin embargo, existen limitaciones, tales como la dificultad para distinguir MP de otros materiales (artículos coloreados) y otras partículas pequeñas. Además, restringir el análisis de muestras solo a la identificación visual ha demostrado la probabilidad de que exista un alto número de falsos positivos y/o negativos (Silva et al., 2018).

- **Identificación mediante microscopía electrónica de barrido (SEM)**

El empleo de SEM para la identificación de MP proporciona imágenes de partículas de plástico con alta claridad y de gran aumento, lo que ayuda a distinguir a los MP de las partículas orgánicas. Sin embargo, podría tener algunas limitaciones cuando se emplea SEM acoplado a la espectroscopía de rayos X de energía dispersiva (EDS) (Silva et al., 2018). En la identificación por SEM-EDS se obtiene la composición elemental de las partículas de plástico, diferenciando así los plásticos dominantes del carbono a partir de partículas inorgánicas. Sin embargo, es costoso, el procedimiento para la preparación de las muestras es complicado y requiere mucho tiempo para un examen adecuado de todas las piezas lo cual limita el número de muestras que pueden analizarse. Además, los colores de las partículas no se pueden emplear como identificadores en los análisis SEM, y, por lo tanto, esta técnica solo se recomienda para partículas de plástico específicas (Silva et al., 2018).

- **Identificación con espectroscopia Raman**

La espectroscopía Raman es una técnica ideal para identificar los distintos tipos de plásticos más comunes en el medio marino (Lenz et al., 2015). Raman es una técnica no destructiva que se aplica usualmente a la caracterización de MP menores a 1 μm (Silva et al., 2018), sin embargo, las partículas de MP con tamaños menores a 20 μm también pueden detectarse empleando una resolución alta de la espectroscopia μ -Raman con una eficiencia mayor al 80% (Lenz et al., 2015). Una de las limitaciones más importantes es que el espectro de una muestra que ha sufrido fotodegradación puede presentar una reducción de intensidad simultánea en algunos picos, por lo tanto, el análisis de los espectros de polímeros degradados en diferentes etapas debe incluirse en las bases de datos de referencia para obtener una identificación más correcta de los polímeros en los MP (Silva et al., 2018).

- **Identificación con espectroscopia infrarroja (FT-IR)**

La espectroscopía infrarroja es una técnica confiable en la identificación del tipo de polímero presente en los MP, tiene un bajo costo, es fácil de usar (Rezania et al., 2018) y se realiza con una preparación mínima de las muestras. Con respecto a su resolución espacial, la espectroscopía Raman puede evaluar muestras de microplásticos superiores a 1 μm , mientras que la espectroscopía infrarroja sólo puede identificar microplásticos que sean mayores de 10-20 μm (Silva et al., 2018).

La identificación de los MP se realiza mediante la estimulación de vibraciones moleculares con radiación infrarroja, que depende de la composición y estructura molecular de una sustancia y la longitud de onda; los polímeros de los plásticos tienen espectros de IR en gran medida precisos para determinar la composición de los MP (van der Hal et al., 2017). La espectroscopía FTIR se utiliza frecuentemente en el análisis cualitativo de MP ($>10 \mu\text{m}$), debido a que el tipo de polímero se puede identificar rápida y directamente cuando se comparan sus espectros con los de los plásticos conocidos (Silva et al., 2018).

- **Identificación por Cromatografía de gases-espectrometría de masas (Py-GC-MS)**

La Cromatografía de Gases de Pirólisis-Espectrometría de Masas (Py-GC-MS) es una técnica destructiva que también se ha empleado para la caracterización de MP en términos de la identificación del tipo de polímero, a través del análisis de sus productos de degradación térmica. En esta técnica las muestras no requieren un tratamiento previo, ya que ésta examina directamente en su estado sólido, además, se analiza una pequeña cantidad de muestra en una medición (5-200 µg) (Silva et al., 2018).

Con Py-GC-MS también se puede realizar la identificación simultánea de los tipos de polímeros y los aditivos plásticos orgánicos asociados (Silva et al., 2018). Para hacer uso de esta técnica primero se debe hacer una preselección de MP por técnicas ópticas. La identificación por Py-GC-MS se obtiene comparando los resultados de los pirogramas y los polímeros estándar que se consiguieron a partir de la pirólisis (Rezania et al., 2018).

3.4.6 Legislación nacional e internacional sobre microplásticos

La dispersión, persistencia y movilidad de los MP hacen que la legislación aplicable a estos sea compleja. Asimismo, la dificultad de aplicar una legislación a los plásticos ha ido en aumento a medida que la producción se incrementa, el consumo se globaliza, las fuentes de contaminación se diversifican y el comercio internacional se deslinda de la responsabilidad (Dauvergne, 2018).

A continuación, se presentan algunos instrumentos regulatorios que abordan la problemática los microplásticos, los cuales en su mayoría se han desarrollado a nivel internacional y en menos proporción en México.

- **Objetivos de Desarrollo Sostenible (Sustainable Development Goals) – Internacional**

Es un documento que firmó la asamblea general de la ONU y fue emitido el 25 de septiembre de 2015, consiste en una agenda de desarrollo sostenible que incluye diversos objetivos cuya finalidad es terminar con la pobreza, proteger el planeta y garantizar la prosperidad para todos de aquí hasta el 2030 (United Nations, 2015a).

Se incluyen 17 objetivos, cada uno cuenta a su vez con diversos objetivos específicos que involucran acciones (United Nations, 2015b). Dentro de todos estos objetivos hay dos que se relacionan con los microplásticos, el objetivo 12 “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles” está encaminado a analizar el ciclo de vida de la manufactura de los productos químicos y los residuos que se generen durante toda su vida útil, así como reducir la generación de residuos sólidos mediante prevención, reducción, reciclado y reutilización (United Nations, 2015c).

Por otra parte, el objetivo 14 “Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible” está enfocado a reducir la contaminación marina de

todo tipo, específicamente aquella que es resultado de las actividades terrestres, así como a proteger de manera sostenible los ecosistemas marinos y costeros, y fomentar el uso sustentable de los océanos (United Nations, 2015c).

- **Resolución 1/6 Residuos plásticos marinos y microplásticos (Resolution 1/6 Marine plastic debris and microplastics) – Internacional**

Este informe se firmó en las Naciones Unidas, se emitió en 2016 y se encuentra dividido en cuatro secciones principales: antecedentes, base de evidencia, acción y conclusiones y necesidades clave de investigación. En los antecedentes se describen los fundamentos del informe, señalando que los residuos marinos plásticos son una preocupación mundial y resume el proceso de la Asamblea del Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEA por sus siglas en inglés). Esto se realiza contemplando los marcos de gobernanza existentes, a escala internacional y regional, y está relacionado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU bajo la Agenda 2030 (UNEP, 2016a).

En cuanto a los microplásticos, este reporte los identifica como contaminantes ambientales importantes resultado de la fragmentación de plásticos más grandes, del uso de microperlas en productos de uso personal como cosméticos o pastas dentales (que posteriormente llegan a plantas de aguas de tratamiento) y de un mal manejo y transporte de la materia prima para el empleo en la industria. Reconoce que cuando estos materiales entran al océano se distribuyen hacia diversas zonas, desde el Ártico a la Antártida y que además ocasionan impactos sociales, económicos y ecológicos, principalmente en los ambientes marinos afectando a la biota (UNEP, 2016a).

Establece la necesidad de actuar de forma conjunta para mejorar el intercambio de conocimientos y experiencias, fomentar un enfoque más multidisciplinario, desarrollar alianzas público-privadas y crear movimientos dirigidos por ciudadanos. Menciona que las alianzas mundiales sobre residuos marinos y gestión de residuos deberían utilizarse con este fin, junto con otros acuerdos a escala local, nacional y regional (UNEP, 2016a). A través de este informe la Asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente solicitó al Director Ejecutivo, en consulta con otras instituciones y partes interesadas, realizar un estudio sobre los residuos marinos plásticos y microplásticos. Este estudio se aprobó y se realizó en abril del 2016 (UNEP, 2016b).

Finalmente, el reporte emite recomendaciones para que los estados aborden los problemas de residuos marinos de forma eficiente y efectiva, algunas de estas recomendaciones son (UNEP, 2016b):

- Tomar en cuenta el estudio y sus principales hallazgos
- Fortalecer la implementación y el cumplimiento de los marcos internacionales y regionales existentes, alentar a los estados que aún no han ratificado dichos marcos a que lo hagan
- Revisar los marcos reglamentarios existentes, los arreglos institucionales y otros instrumentos relacionados con los residuos marinos

- Invitar a los organismos internacionales a que aborden y tengan en cuenta las principales preocupaciones en cuanto a los problemas de los residuos marinos identificados en el informe, incluidos los microplásticos, que son de especial relevancia para ellos
Cuantificar las contribuciones relativas de todas las fuentes terrestres y marinas críticas e investigar las vías de los residuos marinos, incluidos los macro y microresiduos
- **El Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships MARPOL)**

MARPOL es la principal convención internacional encaminada a la prevención de la contaminación marina causada por accidentes o por la operación de los barcos. Fue adoptado en la Organización Marítima Internacional (OMI) en 1973. El Protocolo de 1978 se adoptó en respuesta a una serie de accidentes de petroleros entre 1976-1977. Los requisitos técnicos de MARPOL están incluidos en seis anexos separados (AUGOV- DIRDC, 2018).

De todos los anexos, el relacionado a MP es el V que tiene por nombre “Prevención de la contaminación por residuos de los buques”. Este anexo se centra básicamente en prohibir la descarga de residuos sólidos al mar. En la regulación 3 de dicho anexo se prohíbe la descarga de todos los plásticos, incluidos las cuerdas sintéticas, redes de pesca sintéticas, bolsas de plástico y cenizas provenientes de incineradoras para residuos plásticos. Sin embargo, en las regulaciones 4, 5, 6 y 7 se establece que está permitida la descarga de residuos de comida, la descarga de residuos sólidos para mantener la seguridad de los pasajeros a bordo y la descarga de residuos de manera accidental por ejemplo en la pesca (AUGOV - AMSA, 2017).

- **Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de residuos (Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes) – Internacional**

La “Convención de Londres”, es una de las primeras convenciones mundiales para proteger el medioambiente marino de las actividades humanas y ha estado en vigor desde 1975. Su objetivo es fomentar la regulación eficaz de todas las fuentes de contaminación marina y tomar todas las medidas posibles para prevenir la contaminación del mar a través del vertimiento de residuos y otros materiales. Actualmente, 87 Estados forman parte de esta convención (IMO, 2018).

Este convenio establece los requisitos necesarios que deben cumplir los estados firmantes para la disposición de residuos en el mar. Prohíbe la descarga de residuos o cualquier sustancia al mar excepto los que se encuentran en el anexo 1 (material dragado, lodos de aguas residuales, residuos de pescado, material orgánico natural, material geológico inorgánico inerte, artículos voluminosos que contienen principalmente hierro, acero, hormigón y materiales igualmente no dañinos), no autoriza la incineración en el mar de residuos u otros materiales, no permite la exportación de residuos u otros

materiales por parte de los estados firmantes a otros países para su descarga o incineración en el mar, entre otros (IMO, 2006).

- **Plan de Acción Regional para la Gestión de los Residuos Marinos para la Región del Gran Caribe (Regional Action Plan on Marine Litter Management – RAPMaLi for the Wider Caribbean Region) – Latinoamérica**

El RAPMaLi se desarrolló en 2007 como un proyecto bajo la directriz del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), a través de su Programa de mares regionales, en respuesta a las crecientes preocupaciones mundiales sobre la acumulación de residuos en los océanos. La Unidad de Coordinación Regional del Caribe del PNUMA se encargó de compilar y desarrollar el RAPMaLi. Este proyecto promueve la resolución de problemas a nivel nacional y local, reconociendo que las características regionales particulares dan forma a una variedad de soluciones para este problema constante. La actualización más reciente de este plan es la del 2014, en la cual aumentó el nivel de participación, ya que firmaron un total de 20 países en comparación con los 14 países del informe original. Entre los países que han firmado se encuentra México (CEP - UNEP, 2014).

Este plan está diseñado para funcionar como un conjunto de herramientas integral para ayudar a los pequeños estados insulares en desarrollo a incluir componentes de gestión de residuos adecuados en todos los sectores, por ejemplo, la legislación gubernamental, la aplicación, el monitoreo y la investigación, la participación de la comunidad y el sector empresarial. Las principales categorías de acción abordadas en este escrito incluyen la legislación, políticas y aplicación; marcos institucionales y participación de las partes interesadas; programas de monitoreo e investigación; educación y divulgación; y gestión de residuos sólidos (CEP - UNEP, 2014).

- **Política Nacional de Mares y Costas de México**

Durante la presentación de la “Estrategia Nacional de Ordenamiento Ecológico del Territorio en Mares y Costas” el 21 de Febrero de 2007 en Mazatlán, Sinaloa el Presidente de la República Felipe Calderón Hinojosa propuso el establecimiento de una Comisión para la atención de las actividades multisectoriales que se realizan en las zonas costeras y en los mares mexicanos y la creación de la Política Nacional de Mares y Costas (PNMC) como una política transversal de México (CIMARES, 2010).

Derivado de ello se creó por acuerdo presidencial en 2008 la Comisión Intersecretarial para el Manejo Sustentable de Mares y Costas (CIMARES) la cual es fija y su finalidad es dirigir las acciones de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal relacionadas a la formulación e instrumentación de las políticas nacionales para la planeación, ordenación y desarrollo sustentable de los mares y las costas del territorio nacional (SEMARNAT, 2014a).

La CIMARES no sesiona desde el 2012, sin embargo, los objetivos de la PNMC se retoman en la Estrategia 4.4.1 del Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2018: fomentar una política en mares y costas que estimule mejores oportunidades económicas, impulsar la competitividad, la coordinación y hacer frente los efectos del cambio climático resguardando los bienes y servicios ambientales (SEMARNAT, 2014a). Además, los temas de mayor importancia están siendo atendidos en otros grupos de trabajo (7 grupos en total) en los cuales participan SEMAR, INECC, SER, SECTUR, SEDATU, CONABIO y CONANP (SEMARNAT, 2014b).

- **Prohibiciones de plásticos de un solo uso en México**

La Comisión de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Cambio Climático del Senado de la República, en coordinación con la Mesa Directiva ha realizado siete talleres en materia de plástico en los cuales han participado la sociedad civil, la academia, la industria del plástico y la Administración Pública Federal. En dichas reuniones se ha discutido la prohibición de plásticos de un solo uso y la reducción, reciclaje y producción de plásticos en general. A través de esos talleres se han promovido más de 30 iniciativas estatales y 25 municipales (Tabla 3.5) en materia de plásticos (Senado de la República, 2019).

Tabla 3.5 Regulaciones estatales y municipales en materia de plásticos

Tipo de regulación	Nivel Estatal	Nivel municipal
Disminución de bolsas de plástico	Chihuahua, Guanajuato, Querétaro, Sinaloa, Sonora y Tamaulipas	Ciudad Victoria, Pabellón Arteaga, Querétaro
Disminución de bolsas de plástico y popotes	Ciudad de México, Colima, Durango, Jalisco y Nuevo León	Ciudad de México, Monterrey
Prohibición de bolsas de plástico y popotes	Veracruz	
Prohibición de bolsas de plástico, popotes y unisel	Baja California Sur, Coahuila, Hidalgo, Jalisco y San Luis Potosí	Huatulco, San Agustín de las Juntas, Oaxaca de Juárez, Tlanepantla y Toluca
Prohibición de bolsas de plástico, unisel, cubiertos y popotes	Guerrero y Quintana Roo	Cancún, Ensenada, Islas Holbox, Metepec, Pátzcuaro, Santa Catarina Lachatao, Santo Tomás Jalietza, San Bartolo Coyotepec, Estado de Oaxaca
Prohibición de bolsas de plástico		Saltillo, Tijuana, Playas de Rosarito

Además de las regulaciones estatales y municipales sobre la disminución y prohibición de bolsas, popotes, unisel y cubiertos de bolsas, en la Ciudad se contemplan más regulaciones para otros residuos plásticos. El 25 de junio de 2019 se publicó en la Gaceta Oficial de la Ciudad de México el Decreto por el cual se adicionan y reforman diversas disposiciones sobre la prohibición de plásticos de un solo uso

de la Ley de Residuos Sólidos de la Ciudad de México. Tal Decreto entró en vigor el 26 de junio de 2019, sin embargo, su aplicación será de manera paulatina. De acuerdo con lo publicado, en la Ciudad de México quedará prohibido (Gaceta Oficial de la Ciudad de México, 2019):

- La comercialización, distribución y entrega de bolsas de plástico al consumidor, en los puntos de venta de bienes o productos, excepto si son compostables (a partir de 2020)
- La comercialización, distribución y entrega de productos manufacturados parcial o totalmente de plástico que hayan sido diseñados para su desecho después de un solo uso, excepto si son compostables, tales como cubiertos, agitadores, platos, popotes, bastoncillos para isopos de algodón, globos y varillas para globos, vasos y sus tapas, charolas para transportar alimentos y aplicadores de tampones (a partir de 1 de enero de 2021)
- La comercialización, distribución y entrega de productos que contengan microplásticos añadidos intencionalmente y de cápsulas de café de un solo uso fabricadas con materiales plásticos de bajo potencial de aprovechamiento (a partir de 1 de enero de 2021)

- **Programa Cero Pellets ANIPAC – Nacional**

La Asociación Nacional de Industrias del Plástico A.C. participó en 2011 en la reunión de las Américas para definir proyectos y acciones encaminados al programa “Marine Litter” cuyo objetivo es evitar la descarga de residuos plásticos al mar. A partir de eso ANIPAC se incorporó al “Programa Cero Pellets” el cual es importante en la Declaración Conjunta de la Industria Mundial del Plástico contra los residuos descargados al mar que ha sido firmada por 54 organizaciones de plástico a nivel mundial. Derivado del Programa Cero Pellets, ANIPAC implementó un manual del programa con la finalidad de apoyar a los productores de resinas, transportistas, operadores de terminales a granel y los procesadores de plásticos a implementar un buen mantenimiento y buenas prácticas de contención pellets hacia los ambientes acuáticos (ANIPAC, 2018).

4 Metodología



Autor: Microplásticos en Ambientes Marinos®, 2018

En esta sección se describe la metodología que se empleó durante el desarrollo del proyecto, la cual se dividió en cinco etapas (Figura 4.1). La primera consistió en realizar actividades preliminares relacionadas a la selección de los diversos indicadores y el desarrollo de técnicas de laboratorio, posteriormente se seleccionaron las playas de estudio, en la tercera etapa se llevó a cabo el trabajo de campo en donde se muestrearon los RSU y MP, además se evaluaron las playas empleando los diferentes parámetros de indicador. En la cuarta etapa se realizó el trabajo de laboratorio que incluyó la extracción y clasificación de los MP y finalmente, la quinta, consistió en la sistematización y análisis de los resultados obtenidos.



Figura 4.1 Metodología empleada en el desarrollo del proyecto

4.1 Actividades preliminares

En esta etapa de la metodología se realizó una revisión bibliográfica sobre estudios en los que se emplearon indicadores para la evaluación de la calidad en playas (Anfuso et al., 2014; Cervantes y Espejel, 2008; García, 2012; González et al., 2014; Marshall et al., 2014; Rangel-Buitrago et al., 2018; Santiago, 2010; Suciú et al., 2017).

Posteriormente se seleccionaron y adaptaron los parámetros para los diversos indicadores (urbanización, conservación, potencial recreativo, gestión de residuos y contaminación), basándose en

la importancia de éstos, se determinó el puntaje de cada parámetro y se eligieron los diferentes niveles para cada indicador a partir del puntaje máximo. Paralelamente se realizaron ensayos de las técnicas para el muestro, identificación, separación y clasificación, tanto de microplásticos como de residuos sólidos urbanos en playas.

4.2 Selección de regiones, playas y zonas de estudio

El proceso de selección de playas para llevar a cabo el estudio consistió en elegir primero, las regiones marinas a estudiar, posteriormente las playas y por ultimo las zonas, en cada caso se tomaron en cuenta criterios particulares (Figura 4.2).



Figura 4.2 Orden de selección de los lugares de estudio

Los criterios para esta selección fueron los siguientes:

- El estudio abarcó cuatro regiones marinas (Golfo de México, Mar Caribe, Océano Pacífico y Golfo de California) y en cada una de ellas se eligió mínimo una localidad
- Se eligieron localidades que estuvieran situadas cerca de una estación de monitoreo ambiental, con la finalidad obtener los datos climatológicos correspondientes a cada muestreo

Para la selección de las playas se consideraron los siguientes criterios:

- Playas con actividad turística, ya que diversos autores mencionan que hay una relación entre la presencia de MP y las actividades antropogénicas específicas que se desarrollan en estas áreas

- Playas de arena o guijarros ≤ 5 cm de diámetro, las playas rocosas se descartaron a causa de lo riesgosas que pueden ser al realizar un muestreo y a que no hay acumulación de sedimento (Cheshire et al., 2009; NOWPAP, 2007)
- Playas con una longitud de por lo menos 100 m, para que los resultados sean representativos y tengan validez estadística (Besley et al., 2016)
- Playas alejadas al menos 1 km de distancia de diques o escolleras, ya que en estas zonas se acumulan los residuos de manera natural (NOWPAP, 2007)
- Playas con fácil acceso durante todo el año para garantizar que en cualquier temporada se puedan efectuar los muestreos y que cuenten con seguridad pública

Los criterios tomados en cuenta para la elección de las zonas de muestreo en cada playa fueron los siguientes:

- Presencia de acumulación de residuos en la línea pleamar
- Ausencia de infraestructura firme (ejemplo, palapas)

4.3 Trabajo de campo

El trabajo de campo consistió en el muestreo de RSU y MP, así como en la recolección de información de las diversas playas para evaluar los parámetros de cada indicador. Los muestreos se llevaron a cabo en 2018 (Tabla 4.1). La zona de playa fue la misma para el muestreo de residuos y de microplásticos. Los trabajos de campo se realizaron al amanecer, con el objetivo de evitar afectaciones debidas a la presencia de visitantes en las playas.

Tabla 4.1 Información relevante sobre los muestreos en cada playa

Playa	Región marina	Fechas del muestreo	Coordenadas
La Barra de Sontecomapan	Golfo de México	28 y 29 de abril de 2019	18° 33.487' latitud Norte 94° 59.607' longitud Oeste
Playa Grande	Mar Caribe	18 y 19 de mayo de 2019	21° 31.604' latitud Norte 87° 22.653' longitud Oeste
Zipolite	Océano Pacífico	6 y 7 de octubre de 2018	15°39.782' latitud Norte 096°31.063' longitud Oeste
San Agustinillo	Océano Pacífico	13 y 14 de octubre de 2018	15°39.925' latitud Norte 096°32.615' longitud Oeste
La Misión	Golfo de California	8 y 9 de diciembre de 2018	32°05.687' latitud Norte 116°52.990' longitud Oeste

En la Figura 4.3 se presenta la metodología empleada para cuantificar y clasificar los RSU y MP en las playas elegidas. La mayoría de los muestreos se efectuaron en fines de semana (sábado y domingo),

por la mañana, ya que se manejó el supuesto de que los RSU y los MP encontrados el sábado pertenecen al acumulado de la semana, y que la generación de los residuos muestreados en domingo está influida por la actividad turística del día sábado.

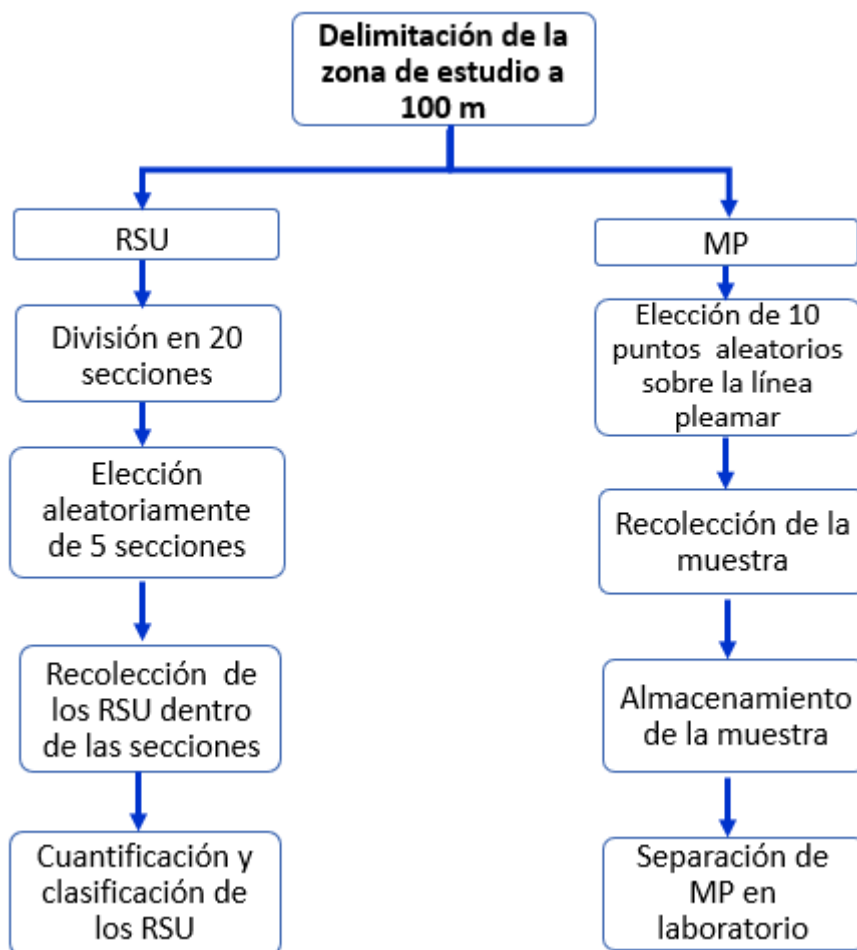


Figura 4.3 Metodología para el muestreo de residuos sólidos urbanos y microplásticos en playas

4.3.1 Muestreo de residuos sólidos urbanos en el sitio

El transecto de 100 m se dividió en 20 secciones de cinco metros cada una, perpendiculares al oleaje, y se numeraron de izquierda a derecha del 1 al 20 (Opfer et al., 2012). Se determinó la longitud con una cinta métrica y las secciones se delimitaron con un lazo de media pulgada (Silva-Iñiguez y Fischer, 2003). Para determinar el ancho de la playa se consideró desde la línea de agua hasta la línea de vegetación, dunas o de infraestructura fija (Figura 4.4).



Figura 4.4 Determinación de las secciones en el muestreo de residuos sólidos urbanos

Posteriormente, se eligieron aleatoriamente 5 secciones, una vez definidas se recolectaron todos los residuos sólidos urbanos (mayores a 5 mm, que estuvieran dentro de la sección o tocados por la cuerda, de una sola pieza o fragmentados) por debajo y encima de la pleamar, hasta llegar a una estructura fija (zona de vegetación o dunas). Los residuos recolectados se clasificaron en diversas categorías de macroresiduos y fragmentos con el objetivo de saber si los plásticos se estaban fragmentando y en consecuencia contribuyendo a la generación de microplásticos. Para este estudio, en los macroresiduos se contempló a las piezas completas y residuos a los que les faltó una pequeña parte pero que aún así se distinguían y los fragmentos, a los trozos de residuos mayores al tamaño de los microplásticos (5 mm). Las categorías se seleccionaron (Tabla 4.2) de acuerdo con el listado de materiales propuestos (madera, metales, plásticos, cerámicos, vidrio, entre otros) en el documento de informes y estudios de mareas regionales publicado por la UNEP (Cheshire et al., 2009).

Tabla 4.2 Categorías empleadas para la clasificación de residuos y fragmentos

Residuos		Fragmentos	
Categoría	Subcategoría	Categoría	Subcategoría
Plástico	Plástico rígido y semirrígido	Plástico	Plástico rígido y semirrígido
Plástico	Colillas	Plástico	Bolsa de plástico o película
Plástico espumado	Plástico espumado	Plástico	Fibra
Tela	Tela	Plástico	Costal de rafia
Vidrio y cerámica	Vidrio y cerámica	Plástico espumado	Faomi
Metal	Metal	Plástico espumado	Poliestireno (unichel)
Papel y cartón	Papel y cartón	Plástico espumado	Poliuretano
Caucho y látex	Caucho y látex	Vidrio y cerámica	Vidrio
Madera	Madera	Vidrio y cerámica	Cerámica
Otros	Peligrosos	Metal	Papel aluminio
Otros	Orgánicos	Metal	Metal
Otros	Sanitarios	Papel y cartón	Papel y cartón
Otros	Servilletas	Madera	Madera
Otros	Otros	Caucho y látex	Caucho y látex

Se contó y registró el número de piezas de cada categoría, se determinó la masa en base seca en laboratorio, introduciendo las muestras a una estufa durante 24 horas a 105 °C. Para la selección de la temperatura de secado se consideró el punto de fusión de los plásticos comunes el cual es superior a 115 °C, por lo tanto se asumió que dicha temperatura no afectaría a la estructura de los plásticos que estuvieran presentes en los residuos recolectados (Braun, 2013). La ficha empleada para el registro del número de piezas y la masa en base seca se muestra en el Anexo 9.1. Además de identificar los residuos presentes en playas también se calculó un índice de contaminación (IC) promedio por playa empleando la Ecuación 4.1.

$$IC = \frac{\#Piezas}{\#Secciones \times L \times A} * 20 \quad \text{Ecuación 4.1}$$

Donde:

#Piezas = Total de piezas recolectadas

#Secciones = Total de secciones muestreadas

L = Longitud de cada sección (m) = 5 m

A = Ancho de playa (m)

Con los resultados del IC obtenidos se clasificaron las playas de acuerdo con los cinco grupos propuestos por Alkalay et al., (2007):

0–1: Muy limpia (ML) — No se observan residuos

1–2: Limpia (L) — No se observan residuos en un área grande

2–3: Moderada (M) — Se observan algunos residuos

3–4: Sucia (S) — Presencia de muchos residuos

>4: Muy sucia (MS) — La mayor parte de la playa está cubierta con residuos

4.3.2 Muestreo de microplásticos

El muestreo realizó en los 100 m del transecto sobre la línea de pleamar, ya que es la línea donde se depositan los residuos que son arrastrados por el oleaje (Figura 4.5). Cuando se encontró más de una línea de deposición de residuos, se escogió la más alejada del agua.



Figura 4.5 Línea de residuos en la playa

Posteriormente, se seleccionaron aleatoriamente diez puntos sobre el transecto con ayuda de la aplicación digital Aleatorio UX que generó números entre 1 y 527, los cuales son equivalentes al número de veces que cabe el diámetro del muestreador en el transecto de 100 m (Figura 4.6 A). Las muestras se obtuvieron enterrando un cilindro de PVC en cada punto (19 cm de diámetro y 5 cm de altura) hasta que su borde superior coincidiera con la superficie de la arena. Posteriormente se excavó a su alrededor y con la ayuda de una hoja metálica en la parte inferior del cilindro se separó el volumen de arena contenido en el mismo (Figura 4.6 B). El volumen de sedimentos muestreados se guardó en papel aluminio y bolsas de cierre hermético, y se trasladó al laboratorio.

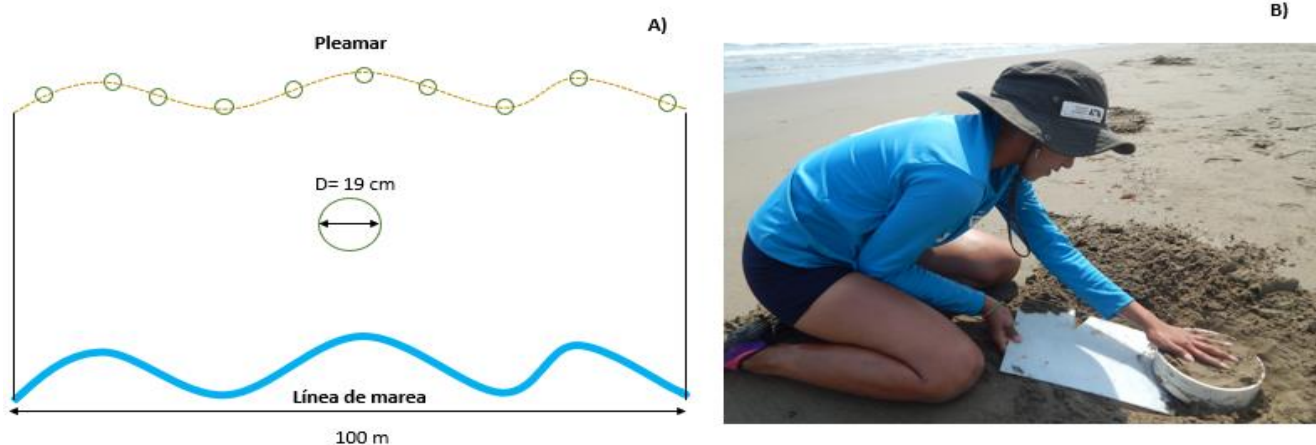


Figura 4.6 Muestreo de microplásticos: A) selección de números y B) extracción de arena

4.3.3 Recolección de información de las playas

La información sobre las playas estudiadas se obtuvo de fuentes gubernamentales (INEGI, SEMARNAT, SEMAR, entre otras) y de los recorridos de campo en cada muestreo. Toda la información se registró en una ficha de trabajo (Anexo 9.2) la cual fue de elaboración propia y se organizó en las cinco categorías antes mencionadas (urbanización, conservación, potencial recreativo, gestión de residuos y contaminación). Con base en toda la información obtenida se evaluaron los distintos parámetros de cada indicador y posteriormente se calcularon los niveles (nulo, muy bajo, bajo, medio y alto) de cada categoría de la siguiente manera:

- Se evaluó por categoría cada parámetro tomando en cuenta su ausencia o presencia o las características que estos presentaron, según fuera el caso. Por ejemplo, en la categoría de gestión de residuos para la evaluación del parámetro botes de almacenamiento se tomó en cuenta su existencia, el estado en el que se encontraban y si eran o no suficientes y en la categoría de potencial recreativo las actividades turísticas (surf, buceo, bananas, paseo a caballo, pesca y camping) se evaluaron con base en su ausencia o presencia (Anexo 9.2)

- Se sumó el total de puntos de cada categoría y se ubicó el nivel en el cual se encontraba con base en una escala propuesta (Tabla 5.2). El nivel para cada indicador no indicó si era bueno o malo, sino que tanto había de ese indicador en una playa. Por ejemplo, en contaminación el nivel alto se refiere a que la contaminación en determinadas playas es más alta que en otras y un nivel nulo a que hay ausencia de contaminación (Tabla 4.3)
- Obtenidos los puntajes y los niveles de cada indicador se analizaron las posibles relaciones entre ellos, así como a que se podrían atribuir

Tabla 4.3 Interpretación de los distintos niveles de cada indicador

Nivel / indicadores	Urbanización	Conservación	Potencial recreativo	Gestión de residuos	Contaminación
Nulo	Ausencia de urbanización	Ausencia de conservación	Ausencia de potencial recreativo	Ausencia de gestión de residuos	Ausencia de contaminación
Muy bajo	Urbanización muy baja	Conservación muy baja	Potencial recreativo muy bajo	Gestión de residuos muy baja	Contaminación muy baja
Bajo	Urbanización baja	Conservación baja	Potencial recreativo bajo	Gestión de residuos baja	Contaminación baja
Medio	Urbanización moderada	Conservación moderada	Potencial recreativo moderado	Gestión de residuos moderada	Contaminación moderada
Alto	Urbanización alta	Conservación alta	Potencial recreativo alto	Gestión de residuos alta	Contaminación alta

4.4 Trabajo de laboratorio

Los sedimentos muestreados para la cuantificación de microplásticos se trasladaron al laboratorio de Tecnologías Sustentables, ubicado en la planta baja del edificio W de la UAM-A. Después de las extracciones se procedió a realizar la clasificación de MP.

4.4.1 Extracción de microplásticos

Las extracciones de los microplásticos se hicieron con guantes y pinzas de acero inoxidable, para disminuir el riesgo de contaminación. En la Figura 4.7 se presenta la metodología empleada.

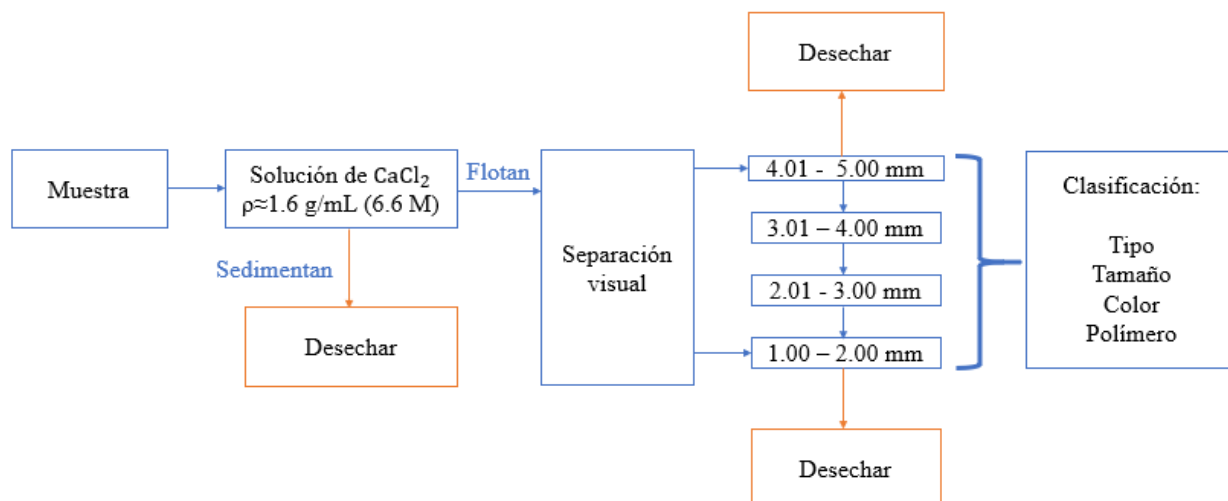


Figura 4.7 Metodología empleada para la extracción de microplásticos en laboratorio

Las muestras húmedas se pesaron, posteriormente se secaron en una estufa (a 105 °C por 24 horas) y después se volvieron a pesar. Después se sometieron a pruebas de flotación, para lo cual se utilizó una solución de CaCl_2 con $\rho \approx 1.6 \text{ g/mL}$ (6.6 M) (Kedzierski et al., 2016), los residuos que flotaron se apartaron y posteriormente se realizó la separación visual de los mismos, los sedimentos restantes se desecharon. La solución de CaCl_2 permitió la flotación los diferentes plásticos, mientras que la arena de las cinco playas de estudio se sedimentó. Las densidades típicas para cada material plástico se muestran en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4 Densidades típicas para cada tipo de plástico

Tipo de plástico	Densidad g/mL	Referencia
Polietileno (PE)	0.91-0.94	Avio et al., 2017
Polipropileno (PP)	0.90-0.92	
Poliestireno expandido (PSE)	0.01-0.05	Asociación Nacional del Poliestireno Expandido, n.d.
Poliestireno (PS)	1.04-1.09	Avio et al., 2017
Cloruro de Polivinilo (PVC)	1.16-1.30	
Nylon	1.13-1.15	
Polietilen tereftalato (PET)	1.34-1.39	
Acetato de celulosa	1.26-1.32	UIProspector, 2018
Resina de poliéster	1.37	British Plastics Federation, 2018

La separación visual se realizó con la ayuda de un microscopio, empleando los objetivos 5X y 10X. Para la identificación de los MP se observó que no tuvieran estructuras celulares u orgánicas visibles, que su coloración fuera uniforme, que tuvieran opacidad y, en el caso de las fibras, que fuesen uniformemente gruesas y no segmentadas (Norén, 2007). Además, se empleó una solución de

peróxido de hidrogeno H_2O_2 al 30% para distinguir las fibras sintéticas de las vegetales (Herrera et al., 2018), las fibras vegetales a diferencia de las sintéticas se oxidan y pierden color el cual se torna de verde o café a amarillo paja (Nuelle et al., 2014), y una solución ácida de HCl 0.5 N con el objetivo de distinguir los fragmentos de plásticos de las conchas (carbonato de calcio), ya que estas últimas burbujan en presencia de un ácido debido a la liberación de CO_2 . Con ello se eliminaron los falsos positivos (Figura 4.8). El procedimiento de extracción se ilustra en la Figura 4.8.



Figura 4.8 A) Muestra en $CaCl_2$, B) Enjuague, C) Soluciones de HCl y H_2O_2 y D) MP extraído

4.4.2 Clasificación de microplásticos

Se realizó la clasificación de todos los MP extraídos de acuerdo con su tamaño, tipo, color y composición química.

- **Tamaño**

En los casos donde los MP extraídos eran pocos, su tamaño se determinó midiendo cada uno de ellos con papel milimétrico. En los MP que eran fragmentos el tamaño se determinó midiendo la diagonal de cada uno, en las microfibras se obtuvo midiendo su ancho y en el caso de los pellets se determinó su diámetro. Cuando la cantidad de MP fue mayor (por ejemplo 40) su tamaño se determinó empleando tamices con apertura de malla de 1.13, 2.38, 2.83, 3.35, 4.00 y 4.75 mm. Los MP que quedaron en la malla de 4.75 posteriormente se midieron con papel milimétrico para verificar que su tamaño era de 5 mm. Con base en lo anterior los MP obtenidos en el presente estudio correspondieron al intervalo de 1.00 – 5.00 mm, y se clasificaron en cuatro categorías:

- 1.00-2.00 mm
- 2.01-3.00 mm
- 3.01-4.00 mm
- 4.01-5.00 mm

- **Tipo**

Los microplásticos se clasificaron de acuerdo con las categorías (Figura 4.9) reportadas por Laglbeuer y colaboradores (Laglbauer et al., 2014).

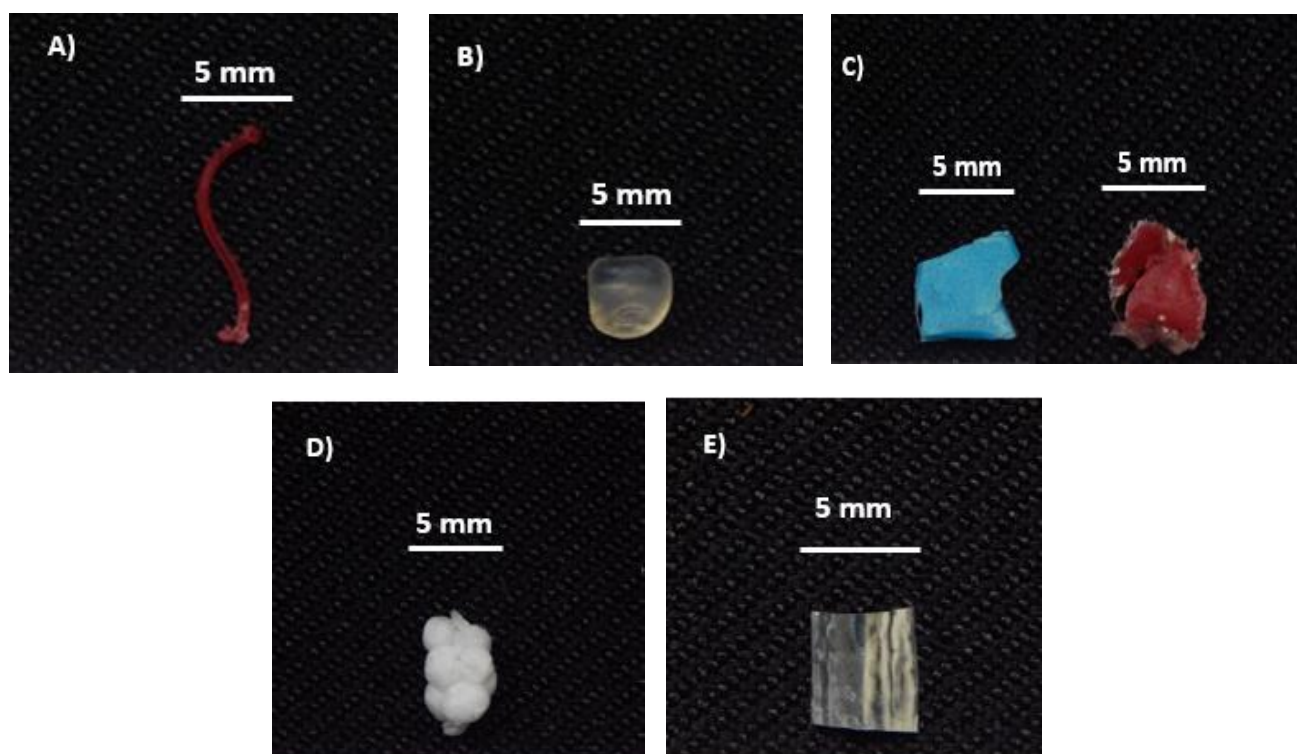


Figura 4.9 Tipos de microplásticos: A) fibras, B) pellets, C) fragmentos, D) espumas y E) películas

Las fibras pueden ser filamentos provenientes de cuerdas, redes de pescar o fibras de ropa, los pellets son gránulos de plástico que se emplean como materia prima para la fabricación de plásticos de mayor tamaño como las botellas de bebidas. En cuanto a los fragmentos, éstos pueden ser rígidos o semirrígidos los cuales corresponden a pequeñas piezas de plástico irregulares diferentes de los otros tipos de microplásticos. Por su parte, las espumas son pequeñas piezas regularmente de EPS o PU y las películas provienen de empaques o bolsas de plástico.

- **Color**

El color es una característica física importante en la investigación de los microplásticos, ya que se ha asociado la preferencia de algunos colores en la ingesta de algunas especies de fauna marina (Carson, 2013); además, el color puede ser un elemento útil en la identificación de la fuente de algunos MP. La clasificación de los colores se realizó de acuerdo a lo reportado por Boerger et al., 2010:

- Gris
- Blanco
- Azul
- Amarillo
- Naranja
- Verde
- Rosa
- Rojo
- Morado
- Negro
- Transparente

- **Composición química**

La composición química se determinó mediante espectroscopia, la cual es una de las técnicas más utilizadas en los estudios de microplásticos (Holmes et al., 2012). Las pruebas se realizaron con un espectrofotómetro infrarrojo tipo FTIR Perkin Elmer UATR Spectrum Two en el Laboratorio de Química Analítica de la Escuela Militar de Ingenieros. De cada una de las 10 muestras de las cinco playas se separaron los MP mayores a 2 mm, posteriormente se sumaron y al total de piezas de cada playa se le aplicó una fórmula estadística (Ecuación 4.2).

Dicha fórmula estadística es útil porque se tiene una población finita (total de MP por cada playa) de la cual sólo se desea conocer el tamaño de muestra representativo a analizar (número de MP a analizar en el espectrofotómetro) sin necesidad de considerar a todo el universo (Aguilar-Barojas, 2005). Se usa porque sólo se estudia una población por separado, no se busca comparar dos poblaciones entre sí. En

este caso la muestra representativa que se obtuvo para cada playa fue con un intervalo de confianza del 95%.

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

Ecuación 4.2

Donde:

n= tamaño de la muestra (número de microplásticos a analizar)

N = tamaño de la población

Z_α = constante que depende del nivel de confianza. En este caso se empleó 95% de confianza y la constante de 1.96

p = proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio (probabilidad de éxito). Generalmente se suele suponer que p=q=0.5

q = proporción de individuos que no poseen la característica de estudio, es decir, es 1-p

d= error máximo (para este caso fue 5%)

Las mediciones se evaluaron en el intervalo de 4000-400 cm⁻¹ y con un escaneo por espectro. Se colocó el microplástico en el cristal de diamante (Figura 4.10 A) y posteriormente se bajó el UATR hasta que la punta de este presionara el microplástico (Figura 4.10 B). Como siguiente paso en el software PerkinElmer Spectrum se seleccionó la opción *scanalyze and compare*.

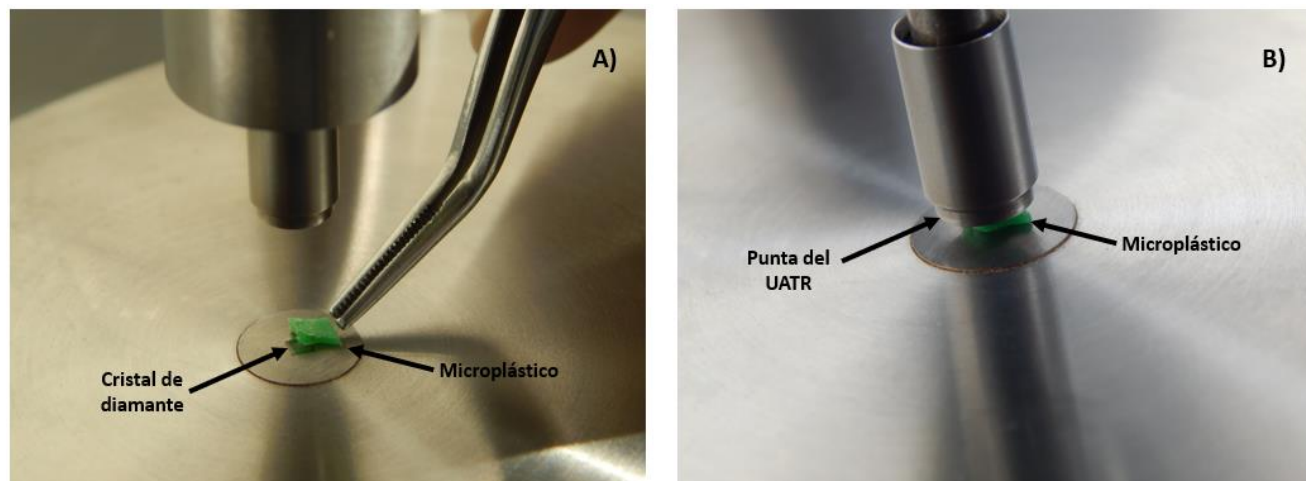


Figura 4.10 Proceso de lectura: A) colocación del MP y B) contacto del UATR con el MP

Los espectros obtenidos se compararon contra espectros, cargados en la biblioteca del equipo, generados a partir de resinas vírgenes (Figura 4.11 A y B), las cuales fueron analizadas antes que los microplásticos para ser utilizadas como patrón



Figura 4.11 Resinas vírgenes: A) Paletas de plástico y B) Tarjeta con colores de identificación

4.5 Sistematización y análisis de la información

En esta última etapa se realizaron análisis estadísticos de los resultados obtenidos de macroresiduos, fragmentos, MP, IC y los indicadores.

Como primer paso se hicieron regresiones lineales empleando el software Microsoft Excel® entre los diferentes resultados con la finalidad de identificar las posibles correlaciones entre ellos. Los datos empleados correspondieron a macroresiduos, fragmentos y microplásticos recolectados en cada playa en día sábado. Se manejaron unidades de piezas para residuos y microplásticos, para los indicadores se empleó la suma del puntaje de cada una y para el índice de contaminación se empleó piezas/m². Se analizaron los gráficos de diagrama de dispersión obtenidos, así como el valor del coeficiente de determinación (R^2) para establecer si existía o no una correlación.

Posteriormente se realizó un análisis clúster de variables, a través del software Minitab®, para los cinco indicadores el cual arrojó un dendograma que permitió identificar cuáles de ellas presentaban similitud entre sí y a qué porcentaje correspondía cada similitud. La información empleada de cada indicador por playa para el análisis correspondió al puntaje total.

En cuanto a los resultados de presencia de microplásticos, primero se realizaron pruebas de Anderson-Darling y Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos. En el primer caso se empleó el software Minitab® y en el segundo Statgraphics®, ambos con un 95% de confianza, las variables fueron: día y playa y se tomaron en cuenta el número de piezas de microplásticos de cada uno de los diez puntos muestreados.

Debido a que la mayoría de los resultados de ambas pruebas demostraron que los datos de microplásticos no seguían una distribución normal se decidió realizar un análisis no paramétrico Kruskal-Wallis empleando el software Statgraphics® con 95% de confianza, este análisis permitió evaluar si había diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de las concentraciones de microplásticos tanto por playas como por día muestreado. Aunado a lo anterior, la mayoría de los

estudios de microplásticos emplean en sus análisis este tipo de prueba debido a las variaciones que muestran los resultados (Besley et al., 2017; Herrera et al., 2017; Young y Elliott, 2016).

5 Resultados y discusión



Autor: Microplásticos en Ambientes Marinos®, 2018

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en cada una de las diferentes etapas de la metodología aplicada, así como su análisis y la comparación entre ellos y con resultados de investigaciones llevadas a cabo por otros autores.

5.1 Actividades preliminares

A partir de la revisión bibliográfica se propusieron cinco indicadores y sus respectivos parámetros: urbanización (12 parámetros), conservación (nueve parámetros), potencial recreativo (16 parámetros), gestión de residuos (12 parámetros) y contaminación (tres parámetros). Los parámetros que permitieron el cálculo de cada indicador se muestran en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1 Parámetros contemplados en cada uno de los indicadores

Urbanización	Conservación	Potencial recreativo	Gestión de residuos	Contaminación
1. Tiendas de conveniencia 2. Vehículos en la arena 3. Malecones o andadores 4. Accesos a la playa 5. Estacionamientos 6. Transporte público 7. Accesos para discapacitados 8. Sanitarios 9. Vestidores 10. Regaderas 11. Restaurantes 12. Hoteles	1. Plagas 2. Protección de flora y fauna 3. Aguas residuales 4. Espuma diferente al oleaje 5. Información de la caracterización del agua 6. Programa de playa limpia 7. Ruido en nivel intolerable 8. Cubierta vegetal 9. Dunas	1. Comercio detallista 2. Vehículos motorizados sobre la playa 3. Salvavidas 4. Palapas, sillas, sombrillas 5. Vigilancia 6. Señalización 7. Sanitarios 8. Surf 9. Deportes en la arena 10. Buceo libre 11. Bananas 12. Paseos a caballo 13. Pesca 14. Venta de alimentos 15. Camping 16. Visitantes	1. Señalización de residuos 2. Restos de residuos incinerados 3. Sólidos flotantes 4. Película de derivados del petróleo en la superficie del agua 5. Programa de recolección de residuos 6. Programa de manejo de residuos 7. Residuos peligrosos 8. Pepena 9. Botes de almacenamiento 10. Limpieza de la playa 11. Residuos sólidos 12. Percepción del usuario	1. Descarga de aguas residuales 2. Residuos sólidos 3. Manchas de residuos de petróleo en la arena

Posteriormente se seleccionó la forma de evaluar cada uno de los indicadores. La mayoría de los parámetros se evaluaron con base en su ausencia o presencia donde el puntaje fue 1 o 0 dependiendo de cada parámetro. Algunos parámetros, tales como la presencia de hoteles a las orillas de la playa, cubierta vegetal, dunas, visitantes, botes de almacenamiento, limpieza de la playa, residuos sólidos, percepción del usuario y todos los de la categoría del indicador de contaminación, se calificaron con una escala más amplia, ya que se consideró que no bastaba con sólo evaluar la presencia o ausencia porque su impacto en las playas es relevante.

Particularmente el parámetro de percepción del usuario (incluido en la categoría del indicador gestión de residuos) se evaluó mediante una encuesta (adaptada de García, 2012) aplicada a 15 turistas en cada playa, la cual contenía un total de nueve preguntas, de las cuáles sólo cinco se consideraron para el cálculo del parámetro; el resto fue para obtener información adicional. Finalmente se definió la escala que determinó el nivel presente de cada uno de los indicadores las playas de estudio (Tabla 5.2). Tanto la ficha de trabajo que contiene los parámetros y su puntaje para cada indicador, como la encuesta de percepción del usuario se presentan en el Anexo 9.3.

Tabla 5.2 Niveles de escala de evaluación para cada indicador

Nivel de Urbanización	Nivel de Conservación	Nivel de Potencial recreativo	Nivel de Gestión de residuos	Nivel de Contaminación
0 = nulo 1 – 3 = muy bajo 4 – 6 = bajo 7 – 10 = medio 11 – 14 = alto	0 = nulo 0 – 3 = muy bajo 4 – 6 = bajo 7 – 9 = medio 10 – 13 = alto	0 = nulo 0 – 4 = muy bajo 5 – 8 = bajo 9 – 13 = medio 14 – 18 = alto	0 = nulo 1 – 5 = muy bajo 6 – 10 = bajo 11 – 16 = medio 17 – 22 = alto	0 = nulo 1 – 2 = muy bajo 3 – 4 = bajo 5 – 6 = medio 7 – 8 = alto

5.2 Selección de regiones, playas y zonas de estudio

En el presente apartado se presentan las regiones marinas seleccionadas, las playas analizadas dentro de éstas y la zona en donde se llevaron a cabo los muestreos.

5.2.1 Selección de regiones

Se seleccionaron cuatro de las cinco regiones con las que cuenta México: el Golfo de México, Mar Caribe, Pacífico Tropical y Golfo de California (Figura 5.1), ya que fueron las zonas en donde se contaba con el apoyo necesario para la realización de la presente investigación.



Figura 5.1 Selección de las cuatro regiones de estudio (Zavala-Hidalgo, 2003)

En cuanto a la selección de las localidades, primero se consultó el mapa de la República Mexicana (Figura 5.2) con la ubicación de todas las estaciones meteorológicas automáticas (EMAS), a partir de esta información se eligió una localidad, por región marina, que estuviera cerca de una EMA.

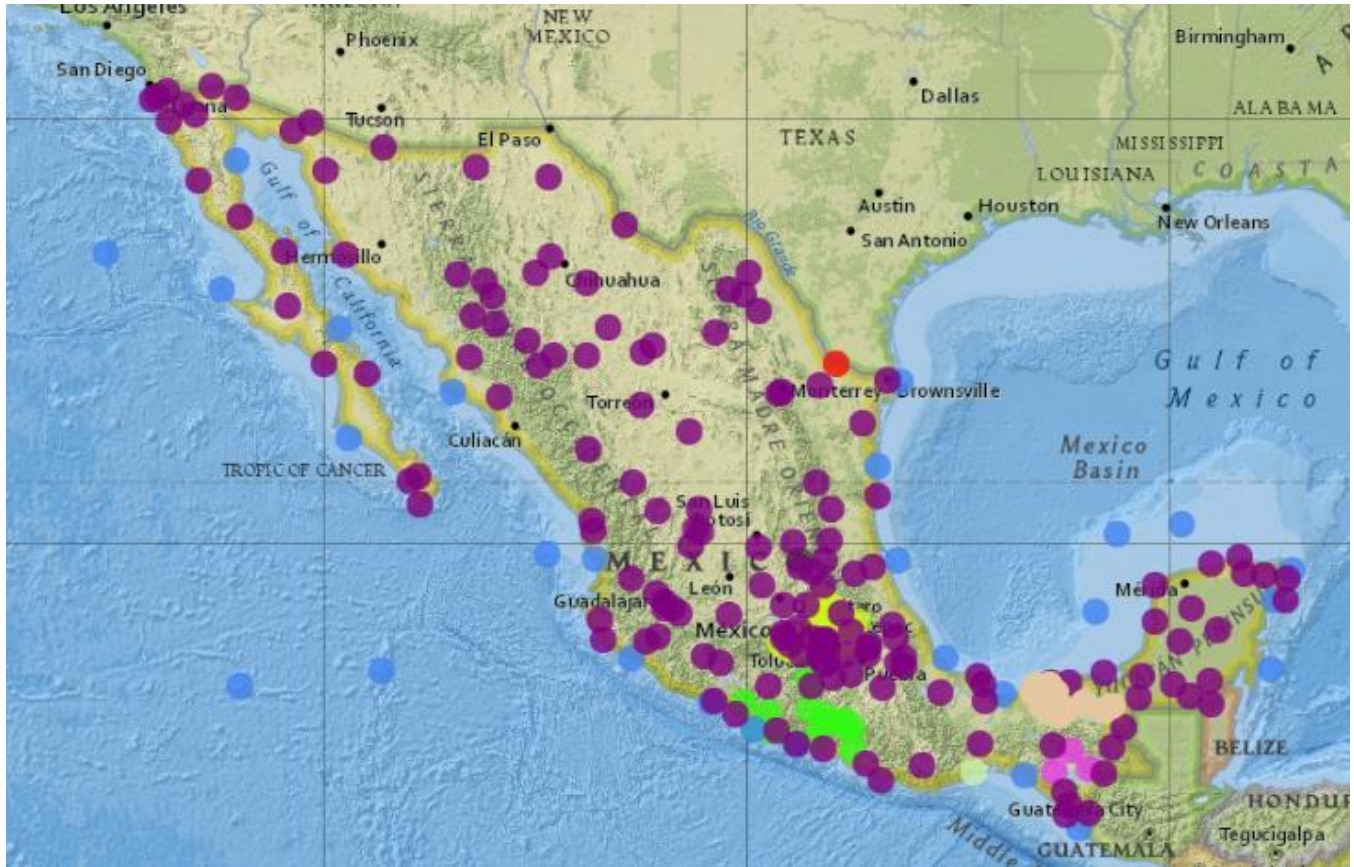


Figura 5.2 Mapa de la república mexicana con la ubicación de las EMAS (Estaciones Meteorológicas Automáticas) (SMN, 2018)

Las localidades seleccionadas fueron Sontecomapan, Catemaco Ver. (Golfo de México); Holbox, Lázaro Cárdenas Quintana Roo (Mar Caribe); Zipolite, San Pedro Pochutla Oaxaca (Pacífico Tropical); San Agustínillo, Santa María Tonameca, Oaxaca (Pacífico Tropical) y La Misión, Playas de Rosarito Baja California (Golfo de California). En la Figura 5.3 se presenta la ubicación de cada playa.

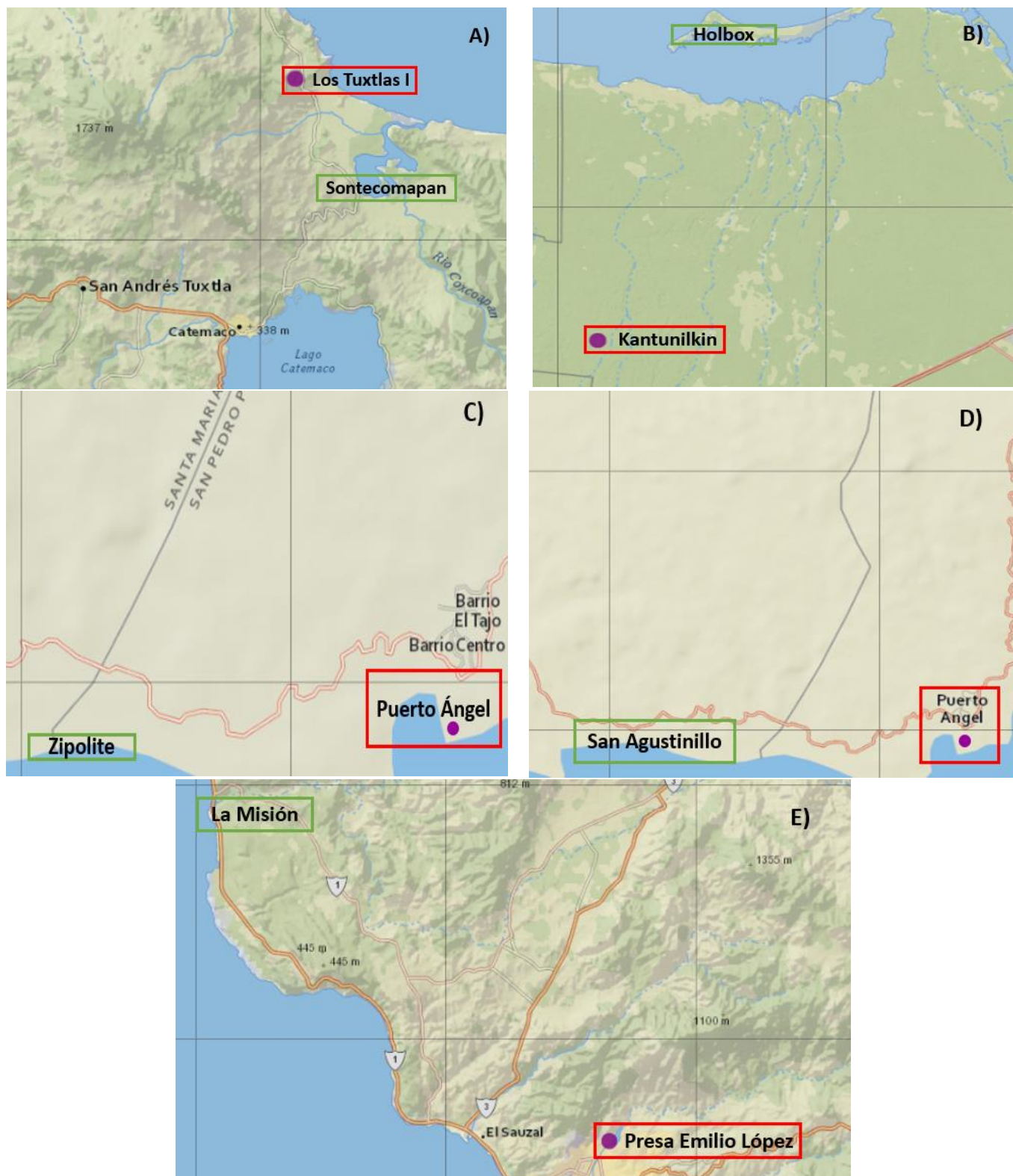


Figura 5.3 Localidad/EMA: A) Sontecomapan, B) Holbox, C) Zipolite, D) San Agustínillo y E) La Misión. En cada una se identifica la localidad (cuadro en color verde) y la EMA (Estación Meteorológica Automática) más cercana (cuadro en color rojo)

El nombre de la EMA más cercana a la localidad, así como su ubicación se muestran en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3 Información de las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) cercanas a la localidad (SMN, 2018)

Localidad	Nombre de la EMA cercana	Coordenadas de la EMA
Sontecomapan, Catemaco Veracruz	Los Tuxtlas I	18°35'03.1" N 095°04'25.2" O
Holbox, Lázaro Cárdenas Quintana Roo	Kantunilkin	21°06'7.3" N 087°29'9.9" O
Zipolite, San Pedro Pochutla Oaxaca	Puerto Ángel	51°40'15" N 096°29'49" O
San Agustínillo, Santa María Tonameca Oaxaca	Puerto Ángel	51°40'15" N 096°29'49" O
La misión, Playas de Rosarito Baja California	Presa Emilio López Zamora (Ensenada)	31°53'29"N 116°36'12" O

5.2.2 Selección de playas

A continuación, se presenta la información de cada una de las playas elegidas, así como algunas imágenes de éstas y su ubicación.

- **Playa La Barra de Sontecomapan (Sontecomapan, Catemaco Veracruz)**

La costa de Catemaco se extiende 19 km del Golfo de México, Veracruz, desde el acantilado de la Playa Escondida hasta el río Carrizal. Casi toda la región costera está conformada por dunas de arena con frecuentes nidos de tortugas marinas. La costa tiene poco nivel de desarrollo turístico debido a las condiciones de los caminos de acceso. Todas las tierras costeras son propiedad privada, donde la mayor parte de estas se encuentran en el ejido de Sontecomapan y una colonia agrícola. El acceso público únicamente es en La Barra y en Playa Jicacal (Catemaco.info, n.d.).

La Barra de Sontecomapan es una localidad situada en el municipio costero de Catemaco, Veracruz de Ignacio de la Llave, sus coordenadas son 18°33'20" N y 94°59'22" O y tiene una altura media de 10 m sobre el nivel del mar (Nuestro Mexico, n.d.). Se encuentra situada al final de un camino de terracería que separa al Golfo de México de la Laguna de Sontecomapan, la mayor parte de la zona costera son dunas de arena. El número total de habitantes en esta localidad es de 336, las actividades económicas de las cuales dependen los pobladores de la comunidad son la pesca y el turismo local y nacional, en

Semana Santa la playa tiene alta afluencia turística pero la mayor parte del año se encuentra solitaria (Catemaco.info, 2011).

En la Figura 5.4 se muestran dos imágenes de la playa La Barra de Sontecomapan, en la de la izquierda (A) se observan las grandes dunas de arena y en la de la derecha (B) las escolleras que dividen la playa de la laguna.



Figura 5.4 Playa La Barra: A) playa y dunas y B) escolleras divisoras de la playa y la laguna

- **Playa Grande (Holbox, Lázaro Cárdenas Quintana Roo)**

El municipio de Lázaro Cárdenas se encuentra ubicado en el estado de Quintana Roo entre las coordenadas 21°36' y 20°36' N y 87°6' y 87°41' O. Sus colindancias son: al norte con el Golfo de México, al este con Isla Mujeres y Benito Juárez, al sur con Solidaridad y al oeste con Yucatán (H. Ayuntamiento de Lázaro Cárdenas, n.d.). Dentro de sus principales localidades se encuentra la isla Holbox que en maya significa "hoyo negro". Ésta se localiza frente a la costa noroeste de Yucatán, tiene 2 km de ancho y 40 km de largo, sin embargo, sólo 6 km de la isla se encuentran poblados (VIP Holbox, 2015).

Holbox forma parte del área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam que alberga diversas especies, muchas de ellas en peligro de extinción. Los habitantes de la isla se dedican tanto a la pesca como a los servicios del turismo nacional e internacional (VIP Holbox, 2015). Entre todas las playas de la isla se encuentra playa Grande la cual posee pendientes moderadas, sedimentos de arena de granulometría media color blanco, hay presencia de algas marinas y se llevan a cabo deportes acuáticos y en la arena.

En la Figura 5.5 A se aprecia la zona de playa la cual es reducida debido a que los hoteles ocupan la mayor parte de esta para la instalación de palapas o camastros y por lo tanto dejan poco espacio para que los visitantes interactúen en ella. Por otro lado, en la Figura 5.5 B se muestra la instalación de hamacas, por parte de los hoteles, en un cierto nivel del mar.



Figura 5.5 Playa Grande en Isla Holbox: A) zona de playa y B) hamacas

- **Playa Zipolite (Zipolite, San Pedro Pochutla Oaxaca)**

San Pedro Pochutla es un municipio perteneciente a Oaxaca, se sitúa en las coordenadas 16°47' N y 96°28' O, a 150 metros sobre el nivel del mar. Limita al sur con el Océano Pacífico, al norte con Pluma Hidalgo, al Noroeste con Candelaria Loxicha y al este con Santa María Huatulco. Dentro de las playas turísticas que tiene el municipio se encuentra Zipolite (H. Ayuntamiento de San Pedro Pochutla, n.d.) que en 2010 tenía 1,059 habitantes y un grado de marginación alto (SEDESOL, 2013a).

Playa Zipolite es de mar abierto, tiene sedimentos de arena con granulometría media y color dorado, pendientes moderadas (Figura 5.6 A). En esta playa es típico el oleaje fuerte y la práctica del nudismo y deportes acuáticos. A orilla de playa está ubicado el servicio de restaurantes, hoteles, renta de cabañas y hamacas (Figura 5.6 B).



Figura 5.6 Playa Zipolite: A) sedimentos y pendientes moderadas y B) servicios a orilla de playa

- **Playa San Agustinillo (San Agustinillo, Santa María Tonameca Oaxaca)**

El municipio de Santa María Tonameca se localiza al Sur de Oaxaca en las coordenadas 15°45' N y 96°33' O, su superficie total es de 530.46 km². Cuenta con ríos, arroyos y diversas playas entre las que se encuentra San Agustinillo (H. Ayuntamiento de Santa María Tonameca, n.d.), ubicada en una localidad rural del mismo nombre la cual en 2010 tenía una población de 291 habitantes y un grado de marginación medio (SEDESOL, 2013b).

Playa San Agustinillo es una playa larga de mar abierto cuyos sedimentos están conformados por arena fina de color dorado. Una parte de la playa presenta pendientes suaves (Figura 5.7 A) mientras que otra parte posee pendientes más prolongadas; las olas más intensas se presentan en la parte de mar abierto, la cual se localiza hacia el oriente.

En la playa se encuentran distintos tipos de dunas, desde dunas frontales (pequeños montículos de arena con poca vegetación) hasta dunas terciarias (vegetación abundante conformada por árboles y arbustos de gran tamaño, Figura 5.7 B). Frente a la playa se encuentran restaurantes, palapas y hoteles que ofrecen el servicio de comida con distintas especialidades de platillos de mexicanos y en el caso de los últimos también el servicio de hospedaje.



Figura 5.7 Playa San Agustinillo: A) pendientes suaves y B) dunas terciarias

- **Playa La Misión (La Misión, Playas de Rosarito Baja California)**

El municipio Playas de Rosarito se ubica al noroeste de Baja California en las coordenadas 32°21' N y 117°03' O a 10 metros sobre nivel del mar. Colinda al norte y este con Tijuana, al sur con Ensenada y al oeste con el Océano Pacífico (H. Ayuntamiento de Playas de Rosarito, n.d.). Algunos de sus atractivos turísticos son las playas Calafia, Popotla Puerto Nuevo, Cantamar y la Misión. Las playas se localizan en el corredor turístico Tijuana-Ensenada, aproximadamente a 27 kilómetros de Tijuana (Gobierno del Estado de Baja California, 2015), como es el caso de playa La Misión la cual pertenece a la localidad la

Misión, cuya población en 2010 era de 64 personas y tenía un grado de marginación muy bajo (SEDESOL, 2013c).

Playa La Misión es de olas grandes, pendientes suaves, sedimentos de arena fina color gris (Figura 5.8 A), en ella se practican la pesca deportiva, surf y paseos a caballo (Figura 5.8 B). Algunos de los servicios que ofrece son estacionamiento, baños con regadera, palapas y sanitarios.

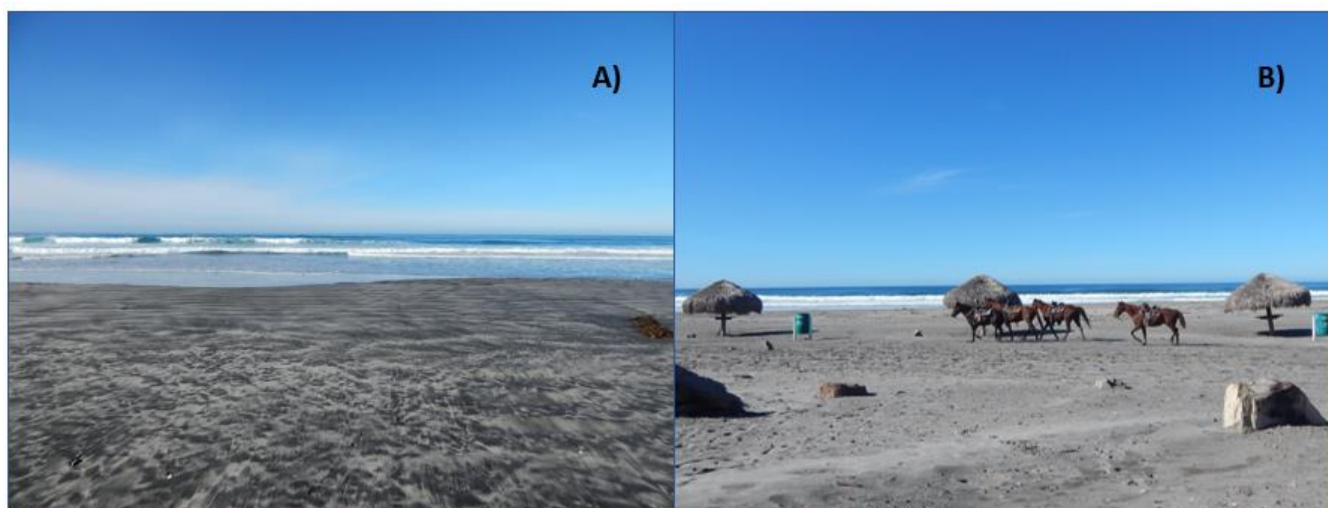


Figura 5.8 La Misión: A) sedimentos finos y pendientes suaves y B) paseos a caballo y palapas

5.2.3 Selección de zonas de estudio

La zona de estudio en cada playa se seleccionó de acuerdo con los criterios planteados en el punto 4.2. En cada una de las zonas se identificó la línea pleamar, que hubiera ausencia de palapas, mesas, sillas y camastros que afectaran el trabajo de campo para el muestreo de MP y de RSU (Figura 5.9).



Figura 5.9 Zonas de estudio: A) La Barra, B) Playa Grande, C) Zipolite, D) San Agustín y E) La Misión

5.3 Presencia de residuos sólidos urbanos en playas

Los resultados obtenidos de los muestreos de RSU realizados en campo se clasificaron en macroresiduos y fragmentos (Tabla 5.4). En todas las playas hubo presencia de ambos tipos de residuos en los dos días de muestreo; no obstante, el mayor número de piezas se encontró en La Misión en donde en total se recolectaron 982 piezas de macroresiduos y 1,427 piezas de fragmentos en ambos días. Por otro lado, la playa con el menor número de residuos recolectados en los dos días fue Zipolite, con 25 piezas de macroresiduos y 7 piezas de fragmentos.

Las densidades de residuos para La Misión se encontraron en el intervalo de 0.11 – 0.13 piezas/m² para macroresiduos y 0.14 – 0.21 piezas/m² para fragmentos mientras que para Zipolite fueron 0.01 – 0.03 piezas/m² para macroresiduos y 0.004 – 0.01 piezas/m² para fragmentos.

Tabla 5.4 Densidades de macroresiduos y fragmentos

Playa	Día	Macroresiduos		Fragmentos	
		# piezas	# piezas/m ²	# piezas	# piezas/m ²
La Barra de Sontecomapan	Sábado	157	0.12	123	0.09
	Domingo	104	0.08	140	0.11
Playa Grande	Viernes	24	0.04	30	0.05
	Sábado	47	0.09	25	0.05
Zipolite	Sábado	5	0.01	3	0.004
	Domingo	20	0.03	4	0.01
San Agustinillo	Sábado	32	0.02	25	0.01
	Domingo	52	0.03	43	0.02
La Misión	Sábado	452	0.11	563	0.14
	Domingo	530	0.13	864	0.21

5.3.1 Clasificación de residuos sólidos urbanos

Las clasificaciones de macroresiduos y fragmentos, en los diferentes tipos de materiales, se agruparon por playa, con base en la suma de piezas de ambos días. En el Anexo 9.4.1 al Anexo 9.4.2 se encuentran las fichas de cada playa con el número de piezas encontrado para cada tipo de material.

En la Figura 5.10 se muestran fotografías de los residuos encontrados en las diversas playas estudiadas.



Figura 5.10 Residuos sólidos: A) La Barra, B) Playa Grande, C) Zipolite, D) San Agustinillo y E) La Misión

En la Figura 5.11 se muestra la gráfica acumulada con la clasificación de los macroresiduos por playa, se observa que los tres materiales más recurrentes fueron los plásticos rígidos y semirrígidos (con un valor mínimo de 28% en Zipolite hasta el máximo de 86% en La Barra), las colillas de cigarro (de 0.4% en La Barra hasta 55% en Playa Grande) y los orgánicos (de 2% en La Barra hasta 36% en Zipolite).

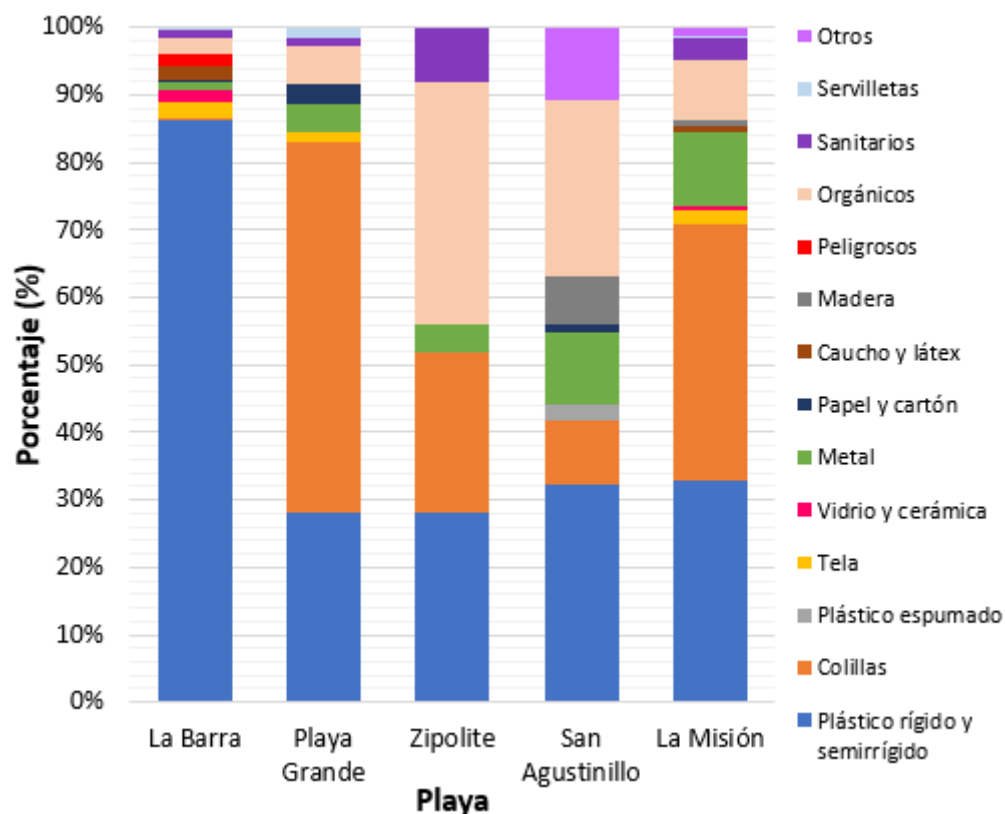


Figura 5.11 Categorías de macroresiduos por playa (número de piezas)

El porcentaje elevado de residuos plásticos (42.5% en promedio) se puede asociar a que estos materiales están presentes en una gran variedad de productos de uso cotidiano (productos de limpieza, cuidado personal o de un solo uso) provenientes de las actividades en tierra, los cuales son mal gestionados por lo que terminan en las playas (Topçu et al., 2013) y otros ambientes marinos (Castro-Jiménez, González-Fernández, Fomier, Schmidt, y Sempéré, 2019; Lebreton et al., 2017).

Además, en las playas los residuos presentes pueden ser resultado de lo que los turistas comúnmente llevan o el comercio detallista vende, bebidas y comida en recipientes desechables o de un sólo uso (botellas, platos o vasos). Adicionalmente, la presencia de un evento de alta energía como lluvias torrenciales, alto oleaje o fuertes vientos (Topçu et al., 2013) puede ocasionar el transporte de residuos desde la tierra, a través de ríos (transporte fluvial), hasta el océano y las costas aumentando así la concentración de estos (Schmidt et al., 2017). Si la gestión de residuos en una playa no es la idónea, los residuos plásticos ahí presentes pueden tener largos periodos de permanencia hasta llegar a convertirse en fragmentos.

En cuanto a las colillas de cigarro, éstas fueron el segundo residuo más encontrado. En los informes publicados por Ocean Conservancy las colillas han sido uno de los residuos más comúnmente recolectados en las limpiezas realizadas cada año (Ocean Conservancy, 2014). El problema con estos residuos es que al ser mal dispuestos en las playas representan un riesgo ambiental para las especies marinas y el ser humano debido a los compuestos (nicotina, plaguicidas, metales pesados, entre otros) sorbidos en su matriz, los cuales pueden llegar a ser tóxicos y lixiviar hacia el entorno (Alvarez-Zeferino et al., 2018; Novotny et al., 2015).

Los residuos orgánicos también son un residuo común en las cinco playas de estudio, estos se asocian en primer lugar con los alimentos que ofrece el comercio informal, ya que, se ha observado que los vendedores no se hacen cargo de recolectar o depositar en contenedores los residuos que se generan de los alimentos que ofrecen. En segundo lugar, se relacionan con el servicio de restaurante o restaurante & bar que se ofrece a orilla de la playa pues los residuos que se generan de estos servicios pueden ser restos de comida en el caso de restaurantes y cáscaras de coco en los bares. La presencia de orgánicos también puede atribuirse a la comida que los turistas llevan y que por diversas razones en algunos casos termina siendo desechada.

Algo importante de resaltar es que se recolectaron residuos potencialmente peligrosos en La Barra (botella de fertilizante, plumón, botella de aceite lubricante, jeringa y ampollita) y en La Misión (pila) que, aunque es un porcentaje relativamente bajo, no deberían de estar en estos sitios debido a que representan un riesgo para la salud de los turistas y si lo están es porque probablemente no se tiene una gestión adecuada de los mismos.

Por otro lado, la clasificación de fragmentos por playa se aprecia en la gráfica acumulada de la Figura 5.12. Los tres tipos de fragmentos más abundantes fueron poliestireno (de 0% en Zipolite a 64% en Playa Grande), plásticos rígido y semirrígido (de 14% en Zipolite a 82% en La Barra) y bolsas de plástico o película (de 0% en Playa Grande a 19% en San Agustínillo). Sin embargo, también se observa que hubo presencia de otros fragmentos plásticos, tales como, fibra, costal de rafia, foami, poliuretano, caucho y látex. Si se suman los promedios de los tres tipos de fragmentos más recurrentes (poliestireno 35%, plástico rígido y semirrígido 25% y bolsa de plástico 11%) con los otros fragmentos plásticos (10%) se tiene en total 81% de fragmentos plásticos.

En la gráfica de la Figura 5.12 también se observa que en Zipolite las proporciones de cada tipo de fragmento son similares, esto podría deberse a que en esta playa se tiene una gestión adecuada de los residuos lo cual evita que tengan largos periodos de permanencia y por ende se fragmenten en piezas más pequeñas.

La clasificación de fragmentos permitió conocer que en general los más típicos en las cinco playas de estudio son los plásticos, los cuales probablemente son resultado de la fragmentación de los residuos más grandes, que se quedan abandonados en la playa, a piezas más pequeñas ya sea por acción de la radiación ultravioleta (fotodegradación), oxidación, fragmentación mecánica o biodegradación que posteriormente podría conducir a la formación de los microplásticos (GESAMP, 2015; UNEP, 2016). Los

fragmentos también se pueden atribuir a los residuos que las corrientes marinas depositan en la zona de playa, provenientes de actividades marinas o terrestres.

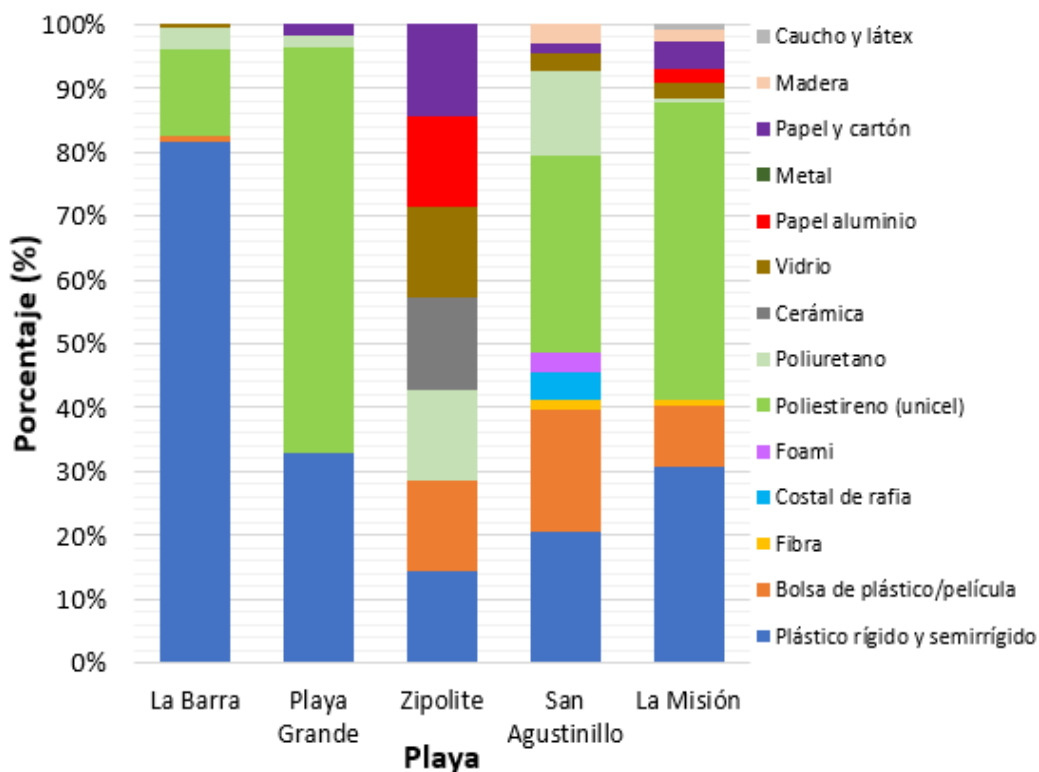


Figura 5.12 Categorías de fragmentos por playa (número de piezas)

5.3.2 Índice de contaminación en playa

Los IC por playa se obtuvieron a partir de la suma de macroresiduos y fragmentos del primer día de muestreo, debido a que se consideró que el muestreo del primer día no presenta sesgo porque las secciones seleccionadas aleatoriamente no han sido muestreadas antes. En cambio, en algunas playas ciertas secciones muestreadas en el segundo día también fueron muestreadas en el primer día debido a que fueron seleccionadas aleatoriamente.

En la Tabla 5.5 se observa la presencia de tres grupos, el primero conformado por las playas Zipolite y San Agustinillo las cuales se clasificaron como playas *muy limpias*, la cantidad de residuos recolectados (macroresiduos + fragmentos) el sábado en ambas playas fueron 8 y 57 piezas, respectivamente. El segundo grupo solo incluye a Playa Grande en donde el número total de residuos fue 54 piezas. Por último, se tiene a La Barra y La Misión que se situaron en el IC de playas *muy sucias*, La Misión presentó mayor número de piezas (1015 piezas) que La Barra (280 piezas).

Tabla 5.5 Índices de contaminación

Nombre de la playa	IC	
	Resultado numérico	Interpretación
La Barra	4.3	Muy sucia
Playa Grande	1.97	Limpia
Zipolite	0.21	Muy limpio
San Agustinillo	0.63	Muy limpio
La Misión	4.93	Muy sucia

Con base en lo anterior es importante mencionar que por sí sola la cantidad de residuos presentes en cada playa no es suficiente para decidir si está contaminada. Por lo que el índice de contaminación es una opción viable la cual contempla el área de la playa. Por ejemplo, si una playa en una zona presenta un elevado número de piezas, pero también es muy ancha (> 80 m) (Cervantes-Rosas, 2008) esto podría ocasionar que no haya grandes acumulaciones de residuos y que por lo tanto su presencia no sea notoria a simple vista, en cambio sí en una zona de playa hay elevado número de residuos y no es muy ancha (< 15 m) (Sardá et al., 2013) habrá grandes acumulaciones de residuos y su presencia será fácilmente visible.

En la Tabla 5.6 se muestran resultados de otros estudios. Se observa que el número de playas muestreadas está en un intervalo de 1 a 56 con un promedio de 20, y que la clasificación de residuos es muy variada, ya que algunos los clasifican como residuos en general sin especificar el tamaño mientras que otros si lo consideran.

En cuanto a las concentraciones de residuos, un estudio no las especifica, tres estudios las dan a conocer por temporada donde las más altas se encontraron en Río de Janeiro, Brasil en invierno ($0.31-1.7$ piezas/m²) y las más bajas en Marruecos en otoño ($0.01-0.14$ piezas/m²), un estudio los agrupa en residuos grandes y pequeños, otro estudio da el promedio y dos estudios las agrupan por rango, con base en las playas muestreadas. Las concentraciones de macroresiduos y fragmentos de la presente investigación se encuentran en el mismo orden de magnitud que las de Marruecos en otoño, comparadas estas concentraciones con las del resto de los estudios se puede decir que las playas de este estudio presentan concentraciones bajas y por ende son más limpias. Lo anterior podría deberse a que la temporada de muestreo fue baja y que antes o durante los muestreos no ocurrió algún evento de energía que aumentara la concentración de residuos.

Por otro lado, el índice de contaminación sólo fue reportado por cinco estudios. Marruecos fue el lugar con el mayor número de playas reportadas como “muy limpias” (13 en otoño y 12 en primavera), mientras que Santa Catarina, Brasil fue el lugar con más playas (17 playas) reportadas como “extremadamente sucias”. En todas las investigaciones el material más relevante fue el plástico con porcentajes que van desde 54.5% en verano en Río de Janeiro hasta 98.7 % para residuos pequeños en Sri Lanka, esto se asemeja a lo encontrado en el presente estudio donde los plásticos rígidos y

semirrígidos fueron en promedio los más abundantes tanto para macroresiduos como para fragmentos (41.5% y 25%, respectivamente).

Finalmente, los tipos específicos de residuos más comunes varían en cada estudio. Sólo Río de Janeiro, Alicante y Tuxpan coincidieron en las colillas como el tipo de residuo más frecuente con porcentajes de 22% a 61.6%. Este tipo de residuo de igual manera resulto ser el más ocuriente en este estudio, con un valor promedio (cinco playas) del 25%.

Tabla 5.6 Estudios sobre la presencia de residuos en playas

Lugar	No. de playas	Clasificación	Piezas/m ²	IC	Materiales frecuentes	Tipos de residuos comunes	Referencia
Santa Catarina, Brasil	25	Residuos < 5 mm	N.D.	1 - ML, 1 - L, 5 - M, 1 - S, 17 - ES	Plástico 69% (piezas)	Plásticos > 5 mm: 28.8%; plásticos < 5 mm: 24.1% y EPS < 5 mm: 10.9% (piezas)	Burigo-Marin et al., 2019
Marruecos	14	Residuos > 2.5 cm	Otoño: 0.01 - 0.14 Primavera: 0.01 - 0.9	Otoño: 13 - ML, 1 - L Primavera: 12 - ML, 2 - L	¹ Plástico 83.3%, papel y cartón 5.9% y metal 4% (piezas)	¹ Tapas de botellas de plástico 16.6%, envolturas de dulces 9.9% y colillas 9.9% (piezas)	Nachite et al., 2019
Río de Janeiro, Brasil	3	Residuos ≥ 2 cm	Verano: 0.5 - 1.6 Invierno: 0.31 - 1.7	Verano: 2 - M y 1 - S Invierno: 1 - L, 1 - M, 1 - S	Plástico: 61.4% en invierno y 54.5% en verano (piezas)	Colillas: 26.7% invierno y 22% verano (piezas)	da Silva et al., 2018
Sri Lanka	22	Residuos grandes > 25 mm y residuos pequeños de 5 a 25 mm	Residuos grandes: 0.1 - 38.8 y residuos pequeños: 9 - 505	N.D.	Plástico: residuos grandes 93.3% y residuos chicos 98.7% (piezas)	² Residuos pequeños: plástico duro 76.1%, espuma 12.8% y fibras 9.8% (piezas)	Jang et al., 2018
Colombia	8	Residuos	1.3 - 8.3	1 - M, 4 - S, 3 - ES	Plástico 63.8%, caucho 14.4% y poliestireno 9.7% (piezas/m ²)	N.D.	Rangel-Buitrago et al., 2018
Europa	31	Residuos > 2.5 cm	0.08 - 11	4 - ML, 13 - L, 9 - M, 4 - S, 1 - ES	Plástico 91%, vidrio/cerámica 3.2% y metal 1.5% (piezas)	Piezas de plástico de 2.5 - 50 cm 19.9%, de PS de 2.5 - 50 cm 11.9% e hisopos 9.2% (piezas)	Vlachogianni et al., 2018
Alicante, España	56	Residuos	Primavera: 0.005 - 0.37, Verano: 0.02 - 0.66	N.D.	Plástico en primavera 82.6% y verano 83.6% (piezas/100 m)	Colillas: 45.6 % primavera y 61.62% verano (piezas)	Asensio-Montesinos et al., 2019
Tuxpan, Veracruz	1	Residuos	0.57 ± 0.03	N.D.	Plástico 75% y metal 12.6%	Colillas, utensilios de comida, tapas de botellas y bolsas de plástico	Alvarez-Zeferino et al., 2017

N.D: no disponible, ML: muy limpio, L: limpio, M: moderado, S: sucio y ES: extremadamente sucio, 1: clasificación del total de piezas, 2: solo se clasificaron los residuos plásticos

Tabla 5.7 Continuación. Estudios sobre la presencia de residuos en playas

México	5	Macroresiduos y fragmentos	Macroresiduos : 0.01 - 0.12; fragmentos: 0.004 - 0.14	2 – ML, 1 – L, 2 – MS	Macroresiduos: plástico rígido y semirrígido 41.5%, colillas 25% y orgánicos 16%. Fragmentos: plástico rígido y semirrígido 25%, poliestireno 35% y película 11%	Colillas 25%, orgánicos 16% y tapas de botellas y recipientes 13.5%	Esta investigación
--------	---	----------------------------	---	-----------------------	--	---	--------------------

N.D: no disponible, ML: muy limpio, L: limpio, M: moderado, S: sucio y ES: extremadamente sucio, 1: clasificación del total de piezas, 2: solo se clasificaron los residuos plásticos

5.4 Microplásticos en sedimentos de playa

En la Tabla 5.7 se presenta un resumen de los resultados de MP por día y playa, en # MP/m²; se emplean dichas unidades porque la mayoría de los estudios de microplásticos las emplean para reportar los resultados. Sin embargo, como a nivel internacional no hay un acuerdo sobre las unidades que deben emplearse, en esta investigación también se reportan los resultados en otras seis unidades (Anexo 9.5) con la finalidad de comparar con otros estudios.

Tabla 5.8 Valores estadísticos por playa en términos de # MP/m²

# MP/ m ²						
Playa	Día	Intervalo	\bar{X} (media)	M (mediana)	σ (desviación estándar)	% de varianza
La Barra de Sontecomapan	Sábado	0 - 317.4	119.9	123.4	100.0	83.4
	Domingo	0 - 211.6	98.8	105.8	68.2	69.0
Playa Grande	Viernes	0 - 211.6	67.0	52.9	63.2	94.3
	Sábado	0 - 70.5	14.1	0.0	24.7	174.8
Zipolite	Sábado	0 - 670.1	91.7	0.0	211.1	230.2
	Domingo	0 - 176.4	42.3	17.6	57.1	134.9
San Agustinillo	Sábado	0 - 176.4	134.0	158.7	49.3	36.8
	Domingo	0 - 493.8	148.1	105.8	136.9	92.4
La Misión	Sábado	35.3 - 1340.2	331.5	176.4	394.6	119.0
	Domingo	141.1 - 1657.7	708.9	634.9	547.8	77.3

Los microplásticos estuvieron presentes en ambos días de muestreo para todas las playas, sin embargo, se observa que la playa con mayor concentración de MP fue La Misión con un intervalo de 35

- 1340 # MP/m² para el sábado y 141 - 1657 # MP/m² para el domingo, mientras que la playa que presentó menor concentración fue Playa Grande (0 – 211 # MP/m² en viernes y 0 - 70 # MP/m² en sábado).

Por otro lado, también se puede apreciar que hay altos coeficientes de variación con porcentajes que van desde 36.8% (San Agustínillo en sábado) hasta 230.2% (Zipolite en sábado). En este tipo de estudios es importante mencionar que los porcentajes de variación son altos debido a la poca homogeneidad de la línea pleamar (zona en donde se realizan los muestreos de microplásticos), ya que, los residuos ahí presentes son resultado de lo que depositan las corrientes marinas y por lo tanto no se distribuyen de la misma manera a lo largo de la pleamar.

Lo anterior se puede corroborar en la desviación estándar la cual indica, de manera general, que los resultados no son homogéneos en cada una de las playas debido a que factores, como forma de la playa, tipo de oleaje, pendiente y presencia de algún evento climático (lluvias, tormentas o huracanes) durante o antes del muestreo, que condicionan la deposición de MP (provenientes de corrientes marinas) en la pleamar son distintos entre las playas estudiadas.

5.4.1 Clasificación del microplásticos

Las piezas de MP extraídas de las diez muestras de ambos días se sumaron y se clasificaron, por playa, de cuatro maneras diferentes: tamaño, tipo, color y composición química. En la Figura 5.13 se presentan los resultados correspondientes a la clasificación de MP por tamaño.

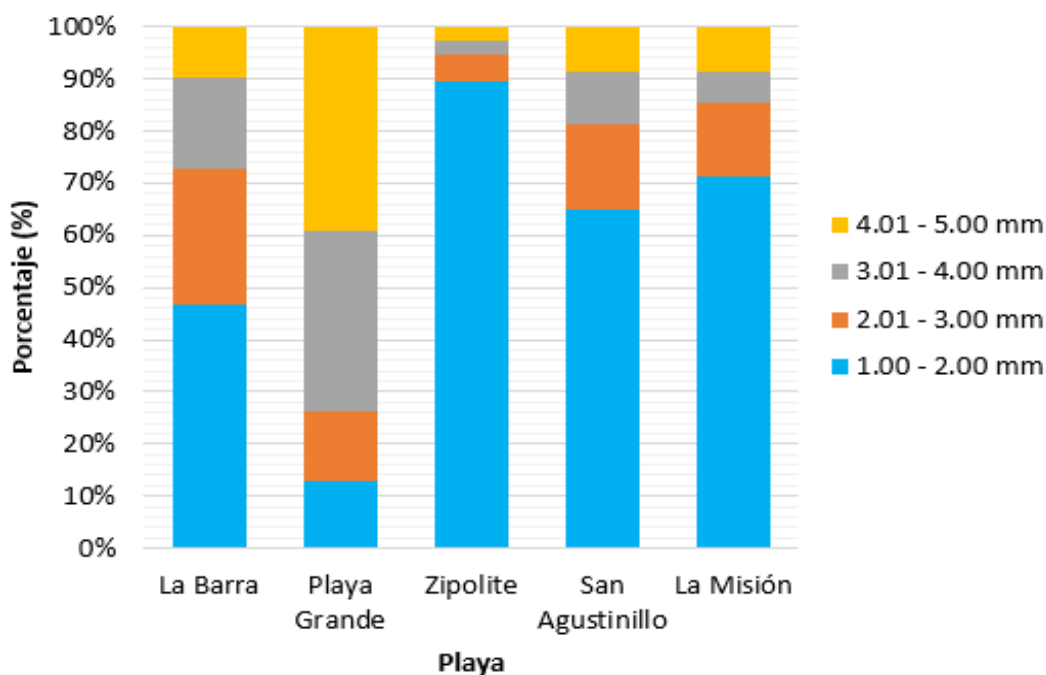


Figura 5.13 Clasificación de microplásticos por tamaño (número de piezas)

Aunque de manera general la mayoría de los MP estuvieron entre 1.00 y 2.00 mm (de 13% en Playa Grande hasta 89% en Zipolite), se observa en Playa Grande los MP que presentaron mayor proporción fueron los de 4.01 – 5.00 mm. Lo anterior, podría atribuirse a que los residuos generados en Playa Grande son frecuentemente recolectados por parte de los prestadores de servicios (hotel y restaurante) lo cual evita que tengan largos periodos de permanencia. Particularmente los plásticos, entre menos expuestos estén a la intemperie sufrirán menos fragmentación; lo anterior indica que los MP originados a partir de los macroplásticos serán de mayor tamaño debido al poco intemperismo y en cambio los MP de menor tamaño serán así debido a su exposición a la intemperie por un tiempo prolongado lo cual reduce su tamaño.

En el siguiente gráfico (Figura 5.14) se muestra la clasificación de los MP por tipo. Los tres tipos más comunes, de manera general, fueron los fragmentos (de 5% en Zipolite hasta 66% en La Barra), seguido de las fibras (ausentes en Playa Grande y La Misión hasta 87% en Zipolite) y los espumados (5% en La Barra hasta 68% en La Misión). No obstante, por playa se observa que en Zipolite y San Agustínillo el tipo de MP en mayor proporción fueron fibras, debido a que eran delgadas estas se relacionan con fibras textiles. Este tipo de MP puede indicar que en dichas playas o cercanas a éstas hay descarga de aguas residuales ya que se ha reportado que tales efluentes contienen fibras del lavado de ropa que generalmente no son retenidas en las plantas de tratamiento. En cambio, en el resto de las playas los tipos de MP más comunes fueron fragmentos y espumado que en ambos casos se relacionan con la fragmentación de los plásticos más grandes (desechables de plástico semirrígido, recipientes rígidos y semirrígidos en el primer caso y desechables de unicel en el segundo caso) ya sea por fotodegradación, oxidación o esfuerzos mecánicos.

Lo anterior indica que la mayoría de los MP muestreados son de origen secundario, mientras que los primarios, que se pueden asociar a los pellets y a las esferas representaron en promedio el 3%. La presencia de pellets en La Barra y La Misión se atribuye a que cerca de ambas playas se encuentra el Puerto de Veracruz y el Puerto de Ensenada, respectivamente, los cuales son considerados como unos de los principales puertos de carga de contenedores, es decir, que realizan actividades económicas de exportación e importación. Con base en lo anterior, se tiene la conjetura de que los pellets entran al medio marino durante su transporte debido a la mala gestión de las operaciones y posteriormente son depositados a la playa a través de las corrientes marinas.

Con relación a las fibras, a pesar de que éstas también son un tipo de MP frecuente en algunas ocasiones se tiene problema en su detección debido a su tamaño, el cual dificulta verlas y por lo tanto extraerlas (Erni-Cassola et al., 2017). Cuando las fibras no se perciben a simple vista y se quiere saber si están presentes en una muestra, lo ideal es que para además de someter la arena a pruebas de flotación con una solución salina, el sobrenadante se filtre al vacío y posteriormente se haga la identificación mediante tinción de fluorescencia empleando un colorante por ejemplo el Rojo Nilo (Erni-Cassola et al., 2017; Shim et al., 2016).

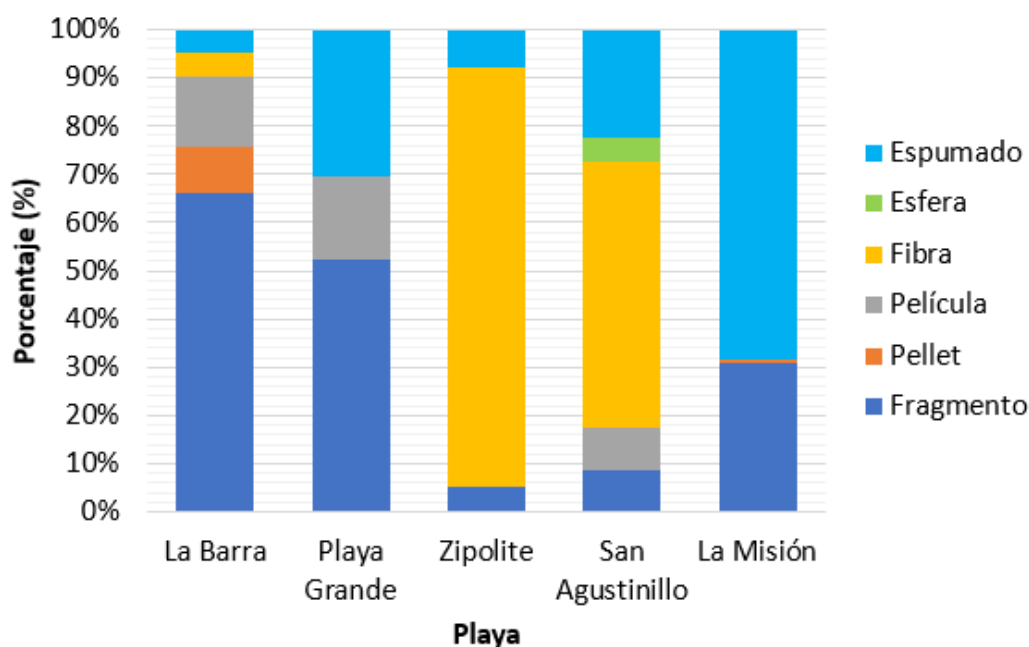


Figura 5.14 Clasificación de microplásticos por tipo (número de piezas)

La clasificación de los MP con base en el color se muestra en la Figura 5.15. Los colores más abundantes en los MP fueron el blanco (de 16% en Zipolite hasta 61% en La Barra), el azul (de 2% en La Misión hasta 53% en Zipolite) y el transparente (de 2% en La Misión hasta 26% en La Playa Grande). Con respecto al color blanco, gran parte de las piezas de MP de este color eran de tipo espumado las cuales se puede relacionar a la fragmentación de desechables como platos, vasos o charolas fabricadas de unícel.

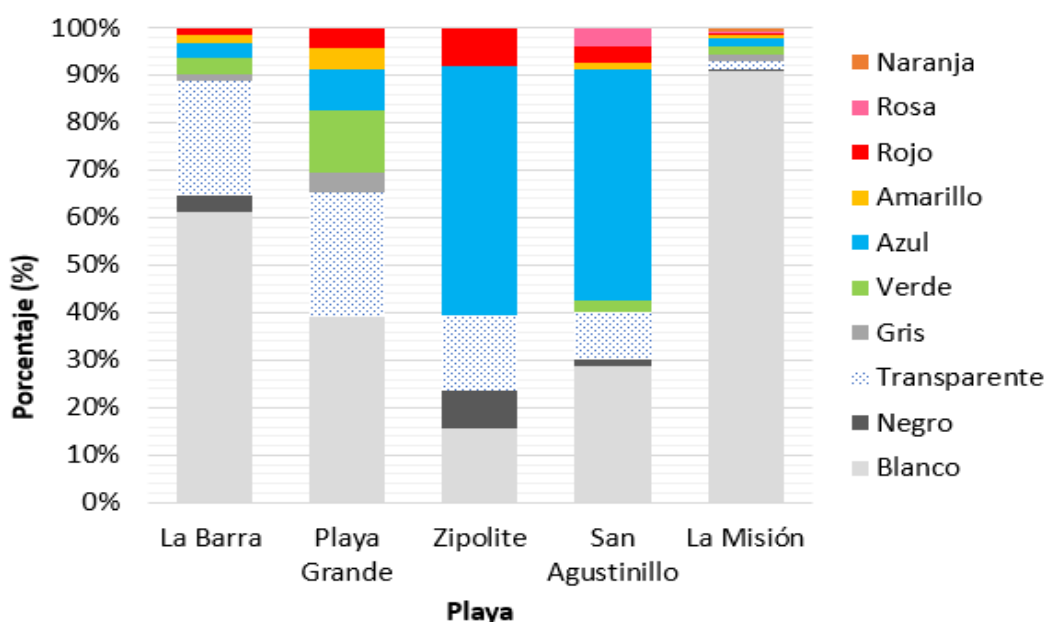


Figura 5.15 Clasificación de microplásticos por color (número de piezas)

Finalmente se tiene la clasificación de microplásticos por composición química o polímero (Figura 5.16) en la cual se puede apreciar que los de mayor ocurrencia fueron el EPS (de 40% en Playa Grande hasta 60% en Zipolite), seguido del PE (ausente en Zipolite hasta 56% en La Misión) y el PP (ausente en Zipolite y La Misión hasta 19% en San Agustinillo).

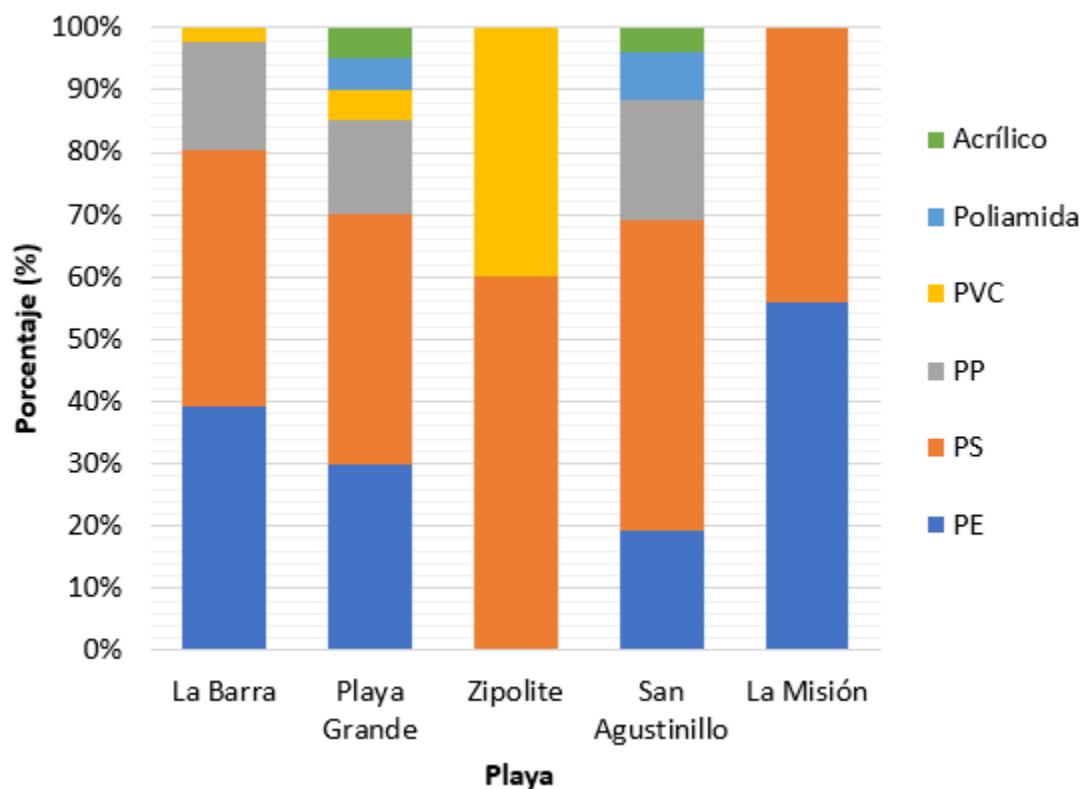


Figura 5.16 Clasificación de microplásticos por polímero (número de piezas)

En La Barra, Playa Grande y La Misión el primer polímero se relaciona con los plásticos espumados que tienen su origen de los desechables de unicel y los dos últimos se relacionan a los fragmentos ya que como se mencionó anteriormente pueden originarse de plásticos rígidos o semirrígidos los cuales generalmente son fabricados de PE y PP. Particularmente en Zipolite y San Agustinillo aun cuando hubo presencia de gran proporción de fibras, las cuales se asume que son textiles, éstas no se leyeron en el IR porque su tamaño (1 y 2 mm) no se consideran apropiado para la técnica de espectroscopia de infrarroja con UATR y, por lo tanto, fueron pocos (5/38 para Zipolite y 25/60) los MP que se leyeron. En el caso de Zipolite, aunque se observa alto porcentaje de PVC el número de piezas (dos) fue poco, la presencia de este polímero se asocia a la fragmentación de plásticos como tubería o vasos de veladora ya que las piezas analizadas eran rígidas.

En la Tabla 5.8 se muestran las cuatro características de los microplásticos contempladas en este estudio, así como la relevancia que cada una de éstas tiene. Para el tamaño de los MP, estudios de laboratorio sugieren que el tamaño de partícula influye en la capacidad de sorción de ciertos contaminantes, ya que, un tamaño más pequeño del MP aumenta la superficie específica lo cual a su

vez puede incrementar la sorción de contaminantes. Sin embargo, otras investigaciones evidencian la existencia de otros factores (mencionados más adelante) que intervienen en la capacidad de sorción contaminantes. Por otra parte, se ha visto que al ser los MP más pequeños es más difícil que los organismos marinos los distingan de sus alimentos comunes, ya que su selectividad es limitada, y por lo tanto los ingieren con mayor frecuencia (Moore, 2008).

En lo que corresponde al tipo de microplástico, éste puede indicar las posibles fuentes de las que provienen, aunque también se asocia con los efectos que pueden causar en los organismos marinos si estos los ingieren. Las fibras han sido reportadas como uno de los tipos de MP más frecuentes en el medio marino seguido de los fragmentos (Frias et al., 2016; Lusher et al., 2015; Vianello et al., 2013). En cuanto al color, generalmente los tonos amarillentos se relacionan con el proceso de fotodegradación ya que cuando una partícula blanca se expone a una fuente de radiación UV como la luz solar cambia a color amarillo, esto es porque durante el proceso se forman subproductos con estructuras de tipo quinonoidal que ocasionan dicha coloración (Endo et al., 2005). Además de lo anterior, la ingesta de MP por ciertos organismos puede verse favorecida si es que tienen parecido con el alimento típico.

Finalmente, se tiene la composición química de un microplástico la cual es considerada como otro de los factores importantes que en ocasiones incide en la afinidad que ciertos contaminantes tengan por él (Teuten et al., 2007; Teuten et al., 2009). Distintos polímeros de MP tienen capacidades de sorción diferentes para los mismos contaminantes, esto indica que la afinidad de los contaminantes hacia cierto polímero posiblemente tiene que ver con la polaridad que estos presenten, por ejemplo, contaminantes no polares como el Perfluoro-octanosulfonato (PFOS) y Perfluoro-octanosulfonamida (FOSA) tienen mayor afinidad por el PE, que es no polar comparado con el PVC que es polar (Wang et al., 2015). No obstante, además de este factor también influyen la salinidad, el pH y el grado de intemperismo de los plásticos (Brennecke et al., 2016; Müller et al., 2018; Wang et al., 2015) por lo que sería de utilidad que en futuras investigaciones sobre la adsorción de contaminantes en microplásticos se consideren dichos aspectos.

Tabla 5.9 Relevancia de las características de los MP

Característica	Información relevante	Referencia
Tamaño	MP de PP con tamaño de 0.18 a 0.425 mm presentan mayor capacidad de sorción de BPC, TBC y HBCD comparado con los MP de mayor tamaño	Liu et al., 2018; Zhan et al., 2016
	Al disminuir el tamaño del microplástico aumenta su biodisponibilidad para ser ingerido por diversos organismos	Cózar et al., 2014; Wright et al., 2013
Tipo	Las esferas, dependiendo del tamaño que estas tengan, pueden provenir de productos de cuidado personal tal como limpiadores faciales. Las fibras se asocian con la descarga de efluentes de aguas residuales a la costa, que contienen fibras del lavado de ropa, con las actividades locales de los buques y con la fragmentación de redes de pesca y cuerdas abandonadas en la costa	Abayomi et al., 2017; Browne et al., 2011; Fendall y Sewell, 2009; Lusher et al., 2015

BPC: Bifenilos policlorados, TBC: tris- (2,3-dibromopropil) isocianurato, HBCD: hexabromociclododecanos

Tabla 5.10 Continuación. Relevancia de las características de los MP

	Fragmentos rígidos de punta aguda pueden atravesar los órganos y tejidos. Las fibras pueden agruparse, enrollarse y posteriormente provocar problemas de egestión	Cole et al., 2011; Ory et al., 2017
Color	MP de color blanco, marrón o amarillo pueden ser confundidos con el elemento presa de algunos peces comerciales	Shaw y Day, 1994; Wright et al., 2013
	Coloración amarilla en los microplásticos indica que han sufrido degradación o diferentes grados de desgaste	Guo y Wang, 2019; Turner y Holmes, 2011
Polímero	La mayor absorción contaminantes como el pireno, fenantreno, BPC y DDT, ha sido reportada en microplásticos de PE, seguido de PS y PVC	Bakir et al., 2012; W. Wang y Wang, 2018a, 2018b

BPC: Bifenilos policlorados, TBC: tris- (2,3-dibromopropil) isocianurato, HBCD: hexabromociclodecanos

5.5 Evaluación de indicadores

En la Tabla 5.9 se presentan los puntajes y niveles obtenidos por playa para cada indicador. El puntaje total de cada indicador no indica que el resultado sea malo o bueno; por ejemplo, un puntaje alto en Urbanización únicamente indica que la playa está muy urbanizada, sin establecer una valoración positiva o negativa del hecho. La información detallada de cada playa se encuentra del Anexo 9.3.1 al 9.3.5 que corresponde al llenado de cada una de las fichas de evaluación de indicadores y los resultados obtenidos en las 15 encuestas.

Tabla 5.11 Puntaje y nivel por indicador para cada playa

Indicador y puntaje máximo	Playa				
	La Barra de Sontecomapan	Playa Grande	Zipolite	San Agustínillo	La Misión
Urbanización (14)	Medio (8)	Medio (9)	Medio (10)	Medio (9)	Medio (7)
Conservación (13)	Medio (8)	Bajo (4)	Bajo (4)	Medio (8)	Bajo (6)
Potencial recreativo (18)	Muy bajo (4)	Medio (11)	Medio (10)	Bajo (8)	Medio (12)
Gestión de residuos (22)	Muy bajo (5.2)	Medio (13.3)	Medio (11.7)	Bajo (7.3)	Medio (14.2)
Contaminación (8)	Alto (7)	Muy bajo (1)	Muy bajo (1)	Bajo (3)	Muy bajo (1)

Todas las playas estudiadas presentaron nivel medio de urbanización. Sin embargo, en los demás indicadores hubo variaciones entre las playas. En cuanto a la conservación el nivel fue de bajo a medio. En lo relativo al potencial recreativo, en el trabajo de campo se observó que Playa Grande, Zipolite y La Misión contaban con infraestructura (accesos a la playa, servicios básicos, estacionamientos públicos, variedad de hoteles y restaurantes) que brinda al público las condiciones necesarias para acceder a la playa, disfrutar de su estancia y realizar diversas actividades recreativas, sin embargo, también se observó en ellas la ausencia o sólo restos de dunas y cubierta vegetal.

El establecimiento de infraestructura en las playas anteriores ha aumentado el turismo, por la facilidad de acceder a ellas y porque se consideran aptas para las actividades de recreación, y con ello los ingresos económicos de la zona costera, pero eso también ha llevado a la destrucción de flora y fauna

típicas de la zona y por lo tanto una disminución de su conservación debido a que normalmente se requieren de espacios para el levantamiento de determinadas obras.

A pesar de la asociación anterior La Barra y San Agustínillo no siguen la misma tendencia ya que estas dos playas, aun cuando tienen un nivel medio de urbanización, también presentan un nivel medio de conservación. Esto podría deberse a que dichas playas se encuentran ubicadas cerca de zonas de selva o bosque, particularmente La Barra de Sontecomapan se encuentra aproximadamente a 30 minutos de la reserva de la biosfera de Los Tuxtlas y a 45 minutos de la reserva ecológica de Nanciyaga, las cuales protegen la biodiversidad que se encuentra a su alrededor pues funcionan como hábitat para la reproducción o dispersión de flora y fauna típicas.

En el potencial recreativo se observa que este no ha sido muy explotado en La Barra de Sontecomapan y San Agustínillo, para el caso de La Barra esto podría deberse a que una parte del camino para llegar es terracería por lo tanto entran pocos carros particulares y el transporte público que ingresa no es muy frecuente y tiene un costo elevado. En cuanto a San Agustínillo, el resultado podría atribuirse que el turismo está más desarrollado en otras playas las cuales atraen más a los visitantes tal es el caso de Zipolite que es una playa nudista o Mazunte que pertenece a la localidad con el mismo nombre la cual se encuentra incorporada al programa de pueblos mágicos.

En cuanto a la gestión de residuos, cada playa tuvo los mismos niveles que el potencial recreativo. Estos indicadores tienen relación entre sí, ya que, si una playa presenta potencial recreativo elevado el interés por mantenerla limpia también será alto, pues la prioridad se centrará en evitar la contaminación del lugar para seguir atrayendo al turismo a una playa con aspecto agradable.

Por otro lado, el nivel de gestión de residuos que una playa presenta impacta directamente en su nivel de contaminación, por ejemplo, La Barra presentó nivel muy bajo en gestión de residuos lo cual indica que ahí se llevan a cabo pocas acciones para mantener limpia la playa y que por lo tanto está muy contaminada tal como resultó al evaluar el indicador de contaminación cuyo nivel fue alto.

5.6 Análisis de resultados

Se evaluaron 32 regresiones lineales (Anexo 9.6), con base en ellas se encontraron 6 correlaciones relevantes (Figura 5.17). Las correlaciones que presentaron el coeficiente de determinación más alto fueron macroresiduos versus microplásticos (Figura 5.17 A) y fragmentos versus microplásticos (Figura 5.17 B) con un valor de 0.9075 y 0.9372, respectivamente. Estas asociaciones indican que la presencia de microplásticos en las playas podría verse influenciada por la presencia de macroresiduos los cuales, al sufrir degradación (ya sea por fotodegradación, oxidación o abrasión mecánica) dan lugar a la generación de microplásticos.

Las correlaciones C, D, E y F de la Figura 5.17 muestran que cuando las playas tienen un mayor nivel de urbanización la concentración de alguno los tres tipos de residuos (MP, macroresiduos y fragmentos) y

el índice de contaminación son menores, en cambio cuando el nivel de urbanización disminuye las concentraciones de tales residuos y el índice de contaminación aumentan. Lo anterior puede deberse a que una playa situada en una zona urbana cuenta con la infraestructura necesaria para satisfacer una gran demanda de turismo y por lo tanto las actividades de limpieza también aumentan con la finalidad de brindar un aspecto agradable y apto para la recreación e incrementar los ingresos económicos de los servicios ofrecidos al turismo (hotel, restaurante y bar). Por el contrario, las playas situadas en una zona con bajo nivel de urbanización tienen poca infraestructura debido a la baja demanda de turismo, al haber poco turismo las actividades de limpieza son esporádicas lo cual ocasiona que los residuos se acumulen, tengan largos periodos de permanencia y den un aspecto de contaminación. En el caso de los plásticos de mayor tamaño, aumenta la probabilidad de que den lugar a microplásticos.

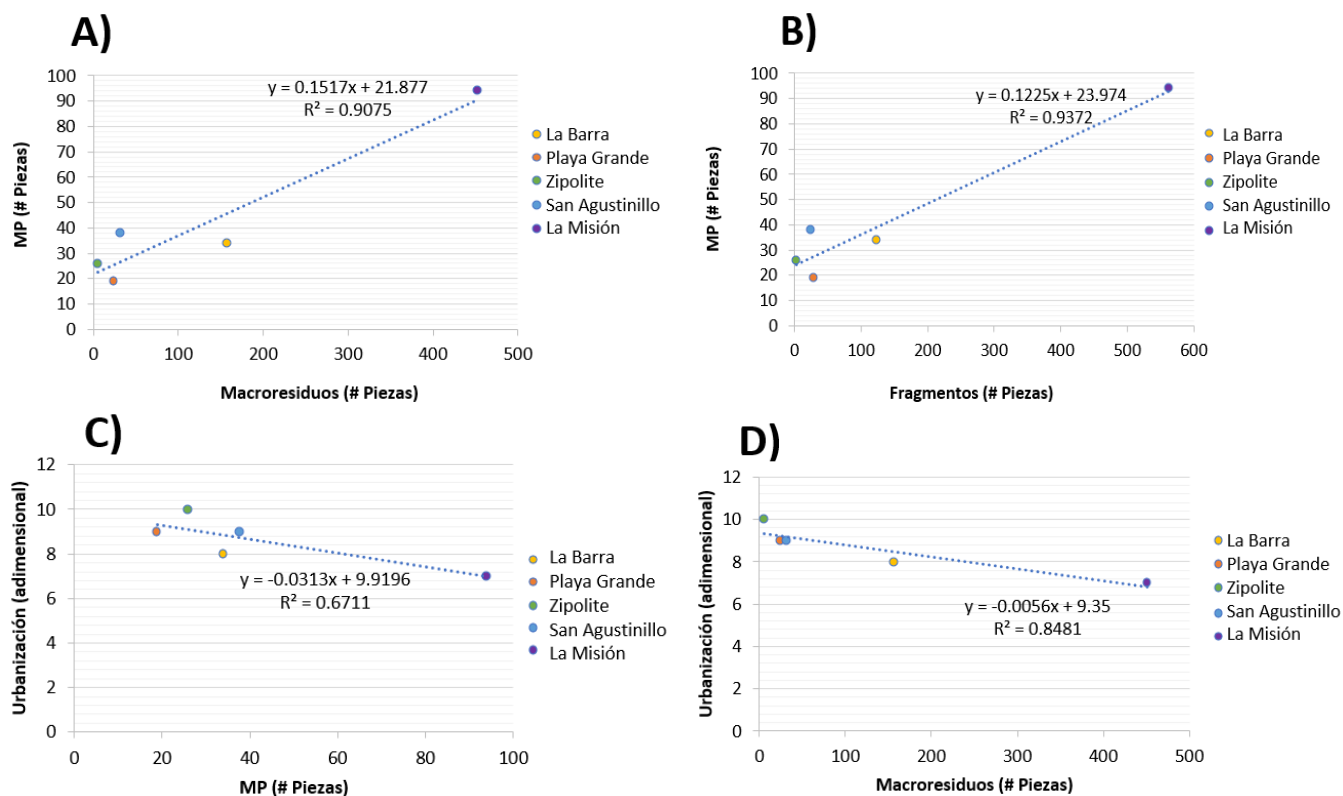


Figura 5.17 Diagramas de dispersión: a) macroresiduos vs MP, b) fragmentos vs MP, c) MP vs urbanización, d) macroresiduos vs urbanización, e) fragmentos vs urbanización y f) IC vs urbanización

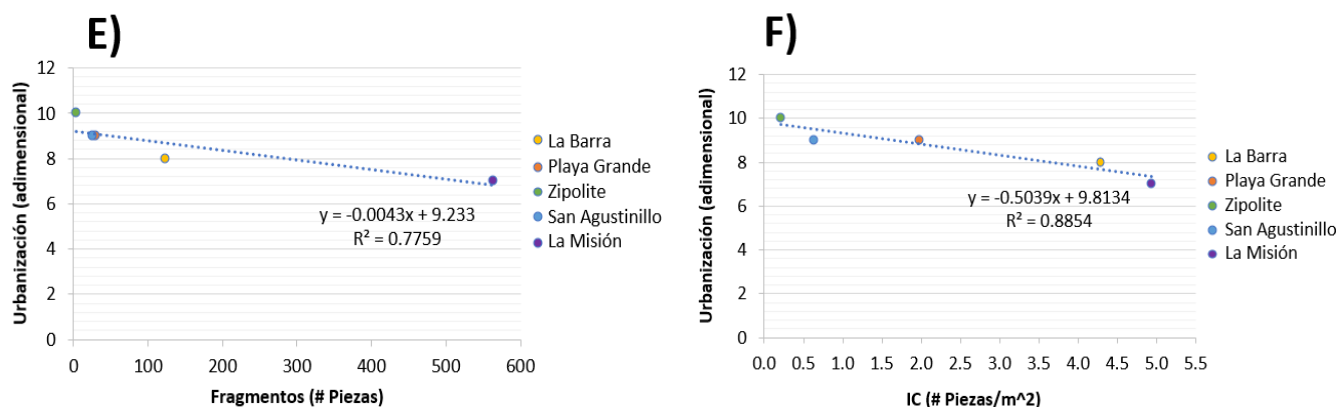


Figura 5.18 Continuación. Diagramas de dispersión: a) macroresiduos vs MP, b) fragmentos vs MP, c) MP vs urbanización, d) macroresiduos vs urbanización, e) fragmentos vs urbanización y f) IC vs urbanización

Por otro lado, el dendograma (Figura 5.18) obtenido del análisis clúster de indicadores arrojó para una similitud de 76.93% la formación de cuatro conglomerados, el primer conglomerado está compuesto por urbanización, el segundo conglomerado incluye al potencial recreativo y a la gestión de residuos, el tercer conglomerado está integrado por la conservación y el último conglomerado contempla a la contaminación. La relación entre potencial recreativo y gestión de residuos mencionada en el apartado 5.5 se corrobora con la formación del conglomerado dos en el presente análisis clúster ya que de igual manera contempla a dichos indicadores.

Por otro lado, aun cuando la conservación y contaminación se observan dentro del nivel de similitud estos no formaron en conjunto un conglomerado, esto podría deberse a que la puntuación total de ambos indicadores es más alejada entre ellos comparada con la puntuación total del potencial recreativo y gestión de residuos la cual está menos alejada.

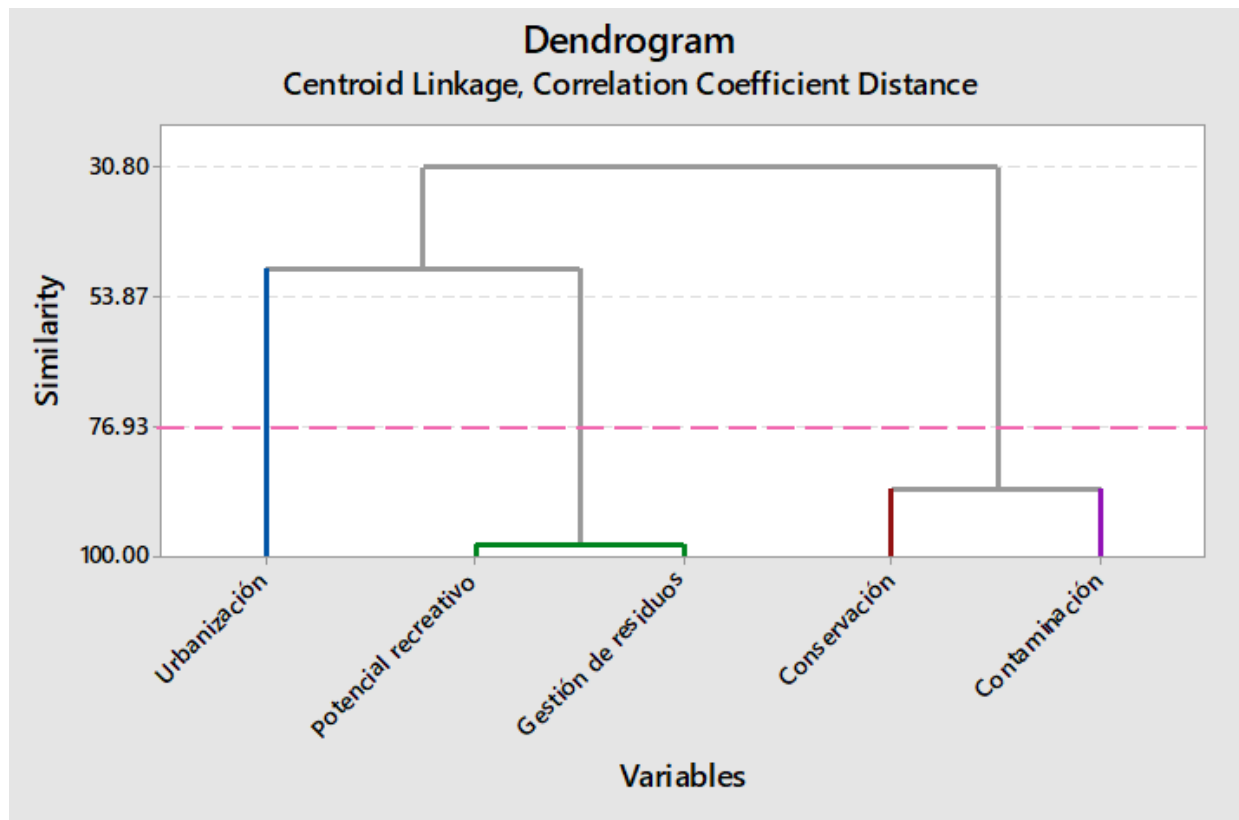
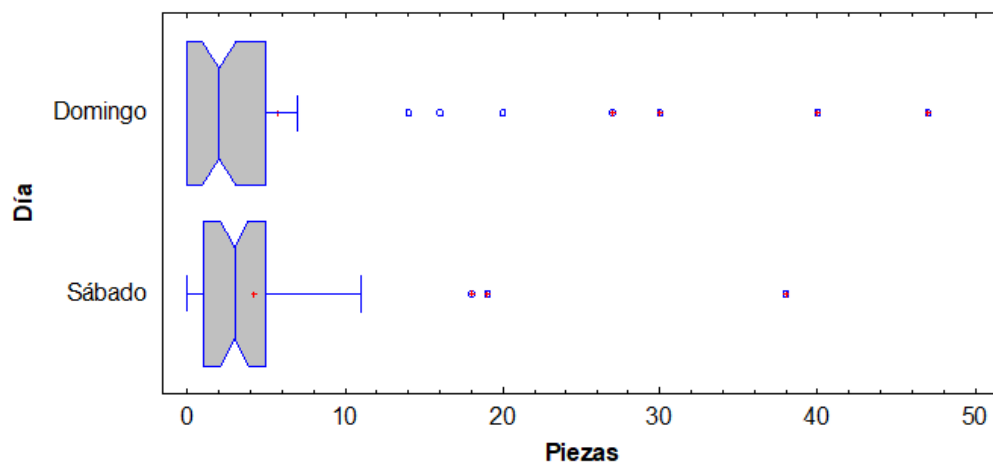


Figura 5.19 Dendrograma del análisis clúster de indicadores

Finalmente, en los análisis estadísticos (prueba no paramétrica Kruskal-Wallis) realizados para la presencia de microplásticos en sábado o domingo se encontró por día un valor-P de 0.64 el cual es mayor a 0.05 y por lo tanto indica que no hay diferencias estadísticamente significativas en las medianas del número de piezas de microplásticos, es decir, que el número de microplásticos encontrados en ambos días son similares. En el análisis de microplásticos por playa el valor-P fue 4.78×10^{-9} el cual es menor a 0.05 de tal modo que hay diferencias estadísticamente significativas en las medianas del número de piezas de microplásticos, dependiendo de cuál sea la playa de estudio.

Lo anterior se puede visualizar en los gráficos de caja y bigotes, en el gráfico por día (Figura 5.19 A) se observa que las medianas (línea negra en medio de la caja) de sábado y domingo no están tan alejadas una de otra y por lo tanto son similares entre sí, al contrario del gráfico por playa (Figura 5.19 B), en el que las medianas del número de piezas de microplásticos para cada playa son distintas y se encuentran alejadas entre sí.

A) Gráfico Caja y Bigotes



B) Gráfico Caja y Bigotes

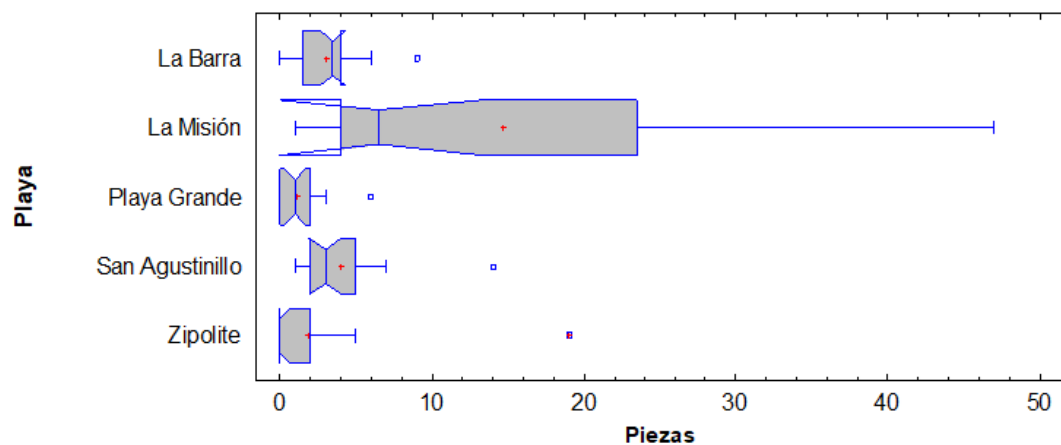


Figura 5.20 Gráficos de cajas y bigotes: A) por día y B) por playa

6 Conclusiones



Autor: Microplásticos en Ambientes Marinos®, 2018

Esta investigación permitió caracterizar y cuantificar la presencia residuos sólidos y de microplásticos en cinco playas mexicanas (La Barra, Playa Grande, Zipolite, San Agustín y La Misión), así como evaluar la calidad ambiental de estas playas a través de diversos indicadores (urbanización, conservación, potencial recreativo y gestión de residuos), para finalmente conocer la relación que había entre ellos.

En cuanto a residuos sólidos, las mayores concentraciones se encontraron en La Misión con 0.11–0.13 piezas/m² para macroresiduos y 0.14–0.21 piezas/m² para fragmentos, mientras que, las menores concentraciones se presentaron en Zipolite con 0.01–0.03 piezas/m² para macroresiduos y 0.004–0.01 piezas/m² para fragmentos. En ambos casos los plásticos fueron, en promedio, el material más frecuente con 42.5% para macroresiduos y 81% para fragmentos.

Con base en ambos tipos de residuos plásticos encontrados en esta investigación (bolsas, botellas, cubiertos, desechables, taparrosas, entre otros), se puede decir que la alta proporción de plásticos en los macroresiduos se asocia a que estos materiales están presentes en diversos productos de uso común los cuales al desecharse de manera inadecuada ya sea en tierra o en las actividades marinas finalmente terminan en las playas. Y para los fragmentos, que cuando los residuos plásticos permanecen las playas por largos tiempos y no se manejan adecuadamente, pueden sufrir diversos tipos de degradación y fragmentarse a piezas más pequeñas.

Se encontró que los MP estuvieron presentes en las cinco playas estudiadas. La playa que tuvo mayores concentraciones fue La Misión con 35-1340 MP/m² el sábado y 141-1657 MP/m² el domingo, por otro lado, Playa Grande presentó las menores concentraciones (0–211 MP/m² en viernes y 0-70 # MP/m² en sábado). Las concentraciones mostraron altos porcentajes de variación debido a que la línea pleamar (zona de muestreo de MP) no es homogénea pues se ve influenciada por características típicas de cada playa como forma, oleaje, pendiente, entre otros, esto se verificó en el análisis estadístico de Kruskal- Wallis por playa donde el valor-P fue 4.78 E⁻⁹ (menor a 0.05) el cuál indicó que hay diferencias estadísticamente significativas dependiendo de la playa de estudio

En lo referente a las características de los microplásticos, en promedio, la mayoría de éstos fueron de 1.00 a 2.00 mm (57%), fragmentos (33%), de color blanco (47%) y de EPS (47%). Cada uno de estos aspectos son relevantes ya que permiten obtener más información; particularmente en este estudio el tamaño se asocia con que los MP muy probablemente han sufrido intemperismo por un tiempo prolongado lo cual ha ocasionado que su tamaño se reduzca. El polímero y color blanco se relacionan a que gran parte de estos provienen de la fragmentación de desechables de unicel como platos, charolas o vasos.

Por otro lado, en la evaluación de los distintos indicadores de calidad ambiental, todas las playas mostraron nivel medio de urbanización, también manifestaron variaciones en los demás indicadores. Algo relevante fue que en los indicadores gestión de residuos y potencial recreativo presentaron las mismas tendencias en todas las playas, esto puede deberse a que, si una playa tiene alta demanda de turismo y por ende potencial recreativo alto, el interés por mantenerla limpia también será elevado, ya

que la prioridad será evitar la contaminación para atraer al turismo a una playa limpia y así aumentar los ingresos económicos. Esto se corroboró a través de un análisis clúster de los indicadores el cuál arrojó para una similitud de 76.93% un conglomerado que contempla a los dos indicadores antes mencionados.

Se encontraron seis correlaciones relevantes. Las correlaciones residuos versus microplásticos y fragmentos versus microplásticos presentaron el mayor coeficiente R^2 , con 0.9075 y 0.9372, respectivamente. Estas correlaciones soportan la hipótesis dos (existe una correlación positiva entre la presencia de microplásticos y de residuos sólidos urbanos) planteada al inicio de esta investigación ya que indicaron que la presencia de microplásticos en las playas puede depender de la presencia de macroplásticos los cuales, al sufrir cualquier tipo de degradación forman microplásticos. El resto de las correlaciones mostraron que cuando las playas tienen un mayor nivel de urbanización, la concentración de alguno los tres tipos de residuos y el índice de contaminación son menores, en cambio cuando el nivel de urbanización disminuye las concentraciones de tales residuos y el índice de contaminación aumentan.

7 Recomendaciones



Autor: Microplásticos en Ambientes Marinos®, 2018

Un gran reto al que se enfrentan las costas y playas mexicanas es la gestión de este espacio, la cual involucra diversos aspectos entre los que destacan el tema de residuos sólidos.

En la mayoría de las playas estudiadas no se observaron contenedores de residuos colocados por parte del gobierno local ni se apreció la separación adecuada de los residuos generados (excepto en Zipolite). A partir de esto al municipio responsable de cada playa se le recomienda:

- Colocar diversos contenedores de residuos (recuperables y todo lo demás) cada cierta distancia en la zona de playa más concurrida. Para el caso de las zonas con baja concurrencia colocar al menos un contenedor de residuos.
- Programar días y horarios específicos para realizar la recolección de residuos por parte del servicio de limpia con base en las temporadas de alta y baja afluencia, así como desarrollar programas de manejo de residuos en eventos de alta energía (tormentas, huracanes)
- Alentar a que los prestadores de servicios realicen internamente buenas prácticas en cuanto al tema de residuos de tal modo que siempre se trate de generar la menor cantidad posible
- Definir un organismo o comité de playas encargado de establecer y aplicar las sanciones correspondientes
- Realizar una guía o programa (por parte del municipio o de la academia) sobre el manejo de los residuos que se generen, qué materiales son recuperables y en donde se les puede dar tratamiento. Actualizar dicho documento cada año
- Programar talleres o pláticas informativas impartidos por expertos sobre la problemática de residuos sólidos en playas en las cuales se involucre el tema de microplásticos y además se oriente sobre cómo puede contribuir la población para evitar la contaminación por residuos sólidos

Por otro lado, el gobierno municipal, podría organizar cada cierto tiempo campañas de limpieza voluntaria, abiertas al público en general, en cada una de sus playas. La invitación podría hacerse a través de los diferentes medios dando a conocer la importancia de las playas, la problemática general a la que se enfrentan, así como alguna situación importante o de interés a nivel local.

La invitación para la limpieza de playas también podría hacerse a diversas escuelas locales, desde nivel de primaria hasta nivel superior a las cuales se les podría otorgar, en agradecimiento, algún estímulo (certificado, constancia y/o material) con la finalidad de reconocer su participación y alentar que más escuelas se involucren en este programa. Esto representaría en cierto modo, una acción de educación ambiental.

En cuanto a los prestadores de servicios turísticos en la mayoría de las playas suele haber diversos servicios turísticos como paseos en lancha, recorridos guiados y los deportes acuáticos como el surf y el snorkel. Estos podrían crear un programa en el cual se invite a los turistas a participar en la recolección de residuos en playas y a cambio ofrecerles un descuento, tiempo extra en dicho servicio o el servicio gratis. Se recomienda que los prestadores de servicios definan días y horarios de promoción, así como dar a conocer en qué consiste la recolección, es decir, si se tiene que llenar de residuos cierto número

de bolsas, si se recolectará en determinada área de playa o si después de la recolección se les proporcionará el servicio u otro día.

Finalmente, a los usuarios se les recomienda participar como voluntarios en los distintos programas de limpieza o de educación ambiental de las playas que visiten, depositar sus residuos correctamente en el contenedor al que corresponda, evitar en la medida que sea posible el uso de plásticos de un solo uso e incitar a otros usuarios la realización de estas actividades.

8 Referencias



Autor: Microplásticos en Ambientes Marinos®, 2019

- A Rocha International. (2018). *Guidelines for sampling microplastics on sandy beaches*. United Kingdom. Retrieved from <https://www.arocha.org/wp-content/uploads/2018/01/Microplastic-sampling-protocol.pdf>
- Abayomi, O. A., Range, P., Al-Ghouti, M. A., Obbard, J. P., Almeer, S. H., y Ben-Hamadou, R. (2017). Microplastics in coastal environments of the Arabian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, 124(1), 181–188. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2017.07.011>
- Abu-Hilal, A. H., y Al-Najjar, T. H. (2009). Plastic pellets on the beaches of the northern Gulf of Aqaba, Red Sea. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 12(4), 461–470. <https://doi.org/10.1080/14634980903361200>
- Acurio, G., Rossin, A., Teixeira, P. F., y Zepeda, F. (1997). *Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe*. Washington, D.C. Retrieved from <https://publications.iadb.org/handle/11319/4768>
- Agrega. (2010). 2.4 Océanos. Retrieved June 24, 2018, from http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/28072010/ea/es-an_2010072811_9130111/ODE-a3165554-259e-3c06-b5c2-e07699c4b688/24_ocanos.html
- Aguado, J., Serrano, D.-P., Escola, J.-M., y Briones, L. (2011). El papel de la Química en la valorización de los residuos plásticos. *Real Sociedad Española de Química*, 107(1), 76–83. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3434017.pdf>
- Aguilar-Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud En Tabasco*, 11(1–2), 333–338. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>
- AIMPLAS - Instituto Tecnológico del Plástico. (2015). Claficiación e identificación de plásticos. Retrieved May 25, 2018, from <https://www.aimplas.es/blog/clasificacion-e-identificacion-de-plasticos>
- Al-Sabagh, A. M., Yehia, F. Z., Eshaq, G., Rabie, A. M., y ElMetwally, A. E. (2016). Greener routes for recycling of polyethylene terephthalate. *Egyptian Journal of Petroleum*, 25(1), 53–64. <https://doi.org/10.1016/J.EJPE.2015.03.001>
- Al-Salem, S. M., Lettieri, P., y Baeyens, J. (2009). Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review. *Waste Management*, 29(10), 2625–2643. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2009.06.004>
- Alkalay, R., Pasternak, G., y Zask, A. (2007). Clean-coast index—A new approach for beach cleanliness assessment. *Ocean & Coastal Management*, 50(5–6), 352–362. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2006.10.002>
- Alomar, C., Sureda, A., Capó, X., Guijarro, B., Tejada, S., y Deudero, S. (2017). Microplastic ingestion by *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758 fish and its potential for causing oxidative stress. *Environmental Research*, 159, 135–142. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2017.07.043>
- Alomar, Carme, y Deudero, S. (2017). Evidence of microplastic ingestion in the shark *Galeus melastomus* Rafinesque, 1810 in the continental shelf off the western Mediterranean Sea.

Environmental Pollution, 223, 223–229. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2017.01.015>

- Alvarez-Zeferino, J. C., Ojeda-Benítez, S., y Vázquez-Morillas, A. (2017). Residuos sólidos urbanos en una playa mexicana, implicaciones en la formación de microplásticos. In A. Lobo, A. López, A. Esteban, & M. Cuartas (Eds.), *Libro de actas. VII Simposio Iberoamericano en Ingeniería de Residuos* (pp. 390–395). Santander, España. Retrieved from <https://redisa.unican.es/doc/actas-simposio.pdf>
- Alvarez-Zeferino, J. C., Ojeda-Benitez, S., Vázquez Morillas, A., Ramírez-Barreto, M. E., Beltrán-Villavicencio, M., y Rosado-Piña, V. L. (2018). Presencia de colillas de cigarros en una playa de Tuxpan, Veracruz. *Los Residuos Como Recurso*, 11(1), 13–21. Retrieved from <http://www.somers-ac.org/encuentros/encuentros.html>
- Alvarez Zeferino, J. C. (2014). *Degradación de plásticos en ambientes marinos*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Anderson, J. C., Park, B. J., y Palace, V. P. (2016). Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian ecosystems. *Environmental Pollution*, 218, 269–280. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2016.06.074>
- Andrade González, Z. del S. (2015). *El suelo marino*. Guadalajara, México. Retrieved from http://www.biodiversidad.gob.mx/Difusion/SDB/2015/imagenes/usuarios/semana/materiales/295/2015-05-08_22-56-03_EL_SUELO_MARINO.pdf
- Andrady, A. L. (2017). The plastic in microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 12–22. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2017.01.082>
- Anfuso, G., Williams, A. T., Cabrera Hernández, J. A., y Pranzini, E. (2014). Coastal scenic assessment and tourism management in western Cuba. *Tourism Management*, 42, 307–320. <https://doi.org/10.1016/J.TOURMAN.2013.12.001>
- ANIPAC - Asociación Nacional de Industrias del Plástico A.C. (2018). Cero Pellets. Retrieved September 1, 2019, from <https://anipac.org.mx/cero-pellets/>
- Antunes, J. C., Frias, J. G. L., Micaelo, A. C., y Sobral, P. (2013). Resin pellets from beaches of the Portuguese coast and adsorbed persistent organic pollutants. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 130, 62–69. <https://doi.org/10.1016/J.ECSS.2013.06.016>
- Antunes, J., Frias, J., y Sobral, P. (2018). Microplastics on the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*, 131(Parte A), 294–302. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2018.04.025>
- Anuar Sharuddin, S. D., Abnisa, F., Wan Daud, W. M. A., y Aroua, M. K. (2017). Energy recovery from pyrolysis of plastic waste: Study on non-recycled plastics (NRP) data as the real measure of plastic waste. *Energy Conversion and Management*, 148, 925–934. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2017.06.046>
- Arizona State University. (n.d.). Anatomía del mar abierto. Retrieved June 27, 2018, from <https://askabiologist.asu.edu/anatomia-del-mar-abierto>

- Arriaga-Cabrera, L., E. Vázquez-Domínguez, J. González-Cano, R. Jiménez-Rosenberg, E. Muñoz-López, y V. Aguilar-Sierra (coords.). (1998). *Regiones marinas prioritarias de México*. México.
<https://doi.org/http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/marinas.html>
- Asensio-Montesinos, F., Anfuso, G., Randerson, P., y Williams, A. T. (2019). Seasonal comparison of beach litter on Mediterranean coastal sites (Alicante, SE Spain). *Ocean & Coastal Management*, 104914. <https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2019.104914>
- Ashton, K., Holmes, L., y Turner, A. (2010). Association of metals with plastic production pellets in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 60(11), 2050–2055.
<https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2010.07.014>
- Asociación Nacional del Poliestireno Expandido. (n.d.). Propiedades del EPS. Retrieved from <http://www.anape.es/pdf/ficha73.pdf>
- AUGOV AMSA - Australian Government - Australian Maritime Safety Authority. (2017). *Amendments to Annex V—Resolution MEPC.201(62)*. Australia. Retrieved from <https://www.amsa.gov.au/marine-environment/marine-pollution/current-marpol-texts>
- AUGOV DIRDC - Australian Government - Department of Infrastructure Regional Development and Cities. (2018). The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL). Retrieved July 8, 2018, from <https://infrastructure.gov.au/maritime/environment/MARPOL.aspx>
- Auta, H. S., Emenike, C. ., y Fauziah, S. . (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment International*, 102, 165–176. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2017.02.013>
- Avio, C. G., Gorbi, S., y Regoli, F. (2017). Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat. *Marine Environmental Research*, 128, 2–11.
<https://doi.org/10.1016/J.MARENRES.2016.05.012>
- Bagaev, A., Mizyuk, A., Khatmullina, L., Isachenko, I., y Chubarenko, I. (2017). Anthropogenic fibres in the Baltic Sea water column: Field data, laboratory and numerical testing of their motion. *Science of The Total Environment*, 599–600, 560–571. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.04.185>
- Bakir, A., Rowland, S. J., y Thompson, R. C. (2012). Competitive sorption of persistent organic pollutants onto microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 64(12), 2782–2789.
<https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2012.09.010>
- Beachapedia. (2016). Beach Is Alive. Retrieved June 8, 2018, from http://www.beachapedia.org/Beach_Is_Alive
- Bellas, J., Martínez-Armental, J., Martínez-Cámara, A., Besada, V., y Martínez-Gómez, C. (2016). Ingestion of microplastics by demersal fish from the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts. *Marine Pollution Bulletin*, 109(1), 55–60. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2016.06.026>
- Beltrán Rico, M., y Marcilla Gomis, A. (2012). *Tecnología de polímeros : procesado y propiedades*. Alicante, España: Publicaciones de la Universidad de Alicante.

- Besley, A., Vijver, M. G., Behrens, P., y Bosker, T. (2017). A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. *Marine Pollution Bulletin*, 114(1), 77–83. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2016.08.055>
- Blue Flag México. (2018). Criterios del distintivo Blue Flag playas 2018-2019. Retrieved November 3, 2019, from <http://www.blueflagmexico.org/criterios.php>
- Boerger, C. M., Lattin, G. L., Moore, S. L., y Moore, C. J. (2010). Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 60(12), 2275–2278. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2010.08.007>
- Bonanno, G., y Orlando-Bonaca, M. (2018). Ten inconvenient questions about plastics in the sea. *Environmental Science & Policy*, 85, 146–154. <https://doi.org/10.1016/J.ENVSCI.2018.04.005>
- Bosker, T., Guaita, L., y Behrens, P. (2018). Microplastic pollution on Caribbean beaches in the Lesser Antilles. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 442–447. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.060>
- Botello, A. V. (2016). La contaminación marina y la urgencia de su legislación. Retrieved from <http://www.posgrado.unam.mx/sites/default/files/2016/05/2307.pdf>
- Botero, C., Pereira, C., Totic, M., y Manjarrez, G. (2015). Design of an index for monitoring the environmental quality of tourist beaches from a holistic approach. *Ocean & Coastal Management*, 108, 65–73. <https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2014.07.017>
- Braun, D. (2013). *Simple Methods for Identification of Plastics*. Simple Methods for Identification of Plastics. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG. <https://doi.org/10.3139/9781569905425>
- Brennecke, D., Duarte, B., Paiva, F., Caçador, I., y Canning-Clode, J. (2016). Microplastics as vector for heavy metal contamination from the marine environment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 178, 189–195. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.12.003>
- British Plastics Federation. (2018). Polyesters (Thermoplastic) PETP, PBT, PET. Retrieved July 10, 2018, from <http://www.bpf.co.uk/plastipedia/polymers/Polyesters.aspx>
- Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., y Thompson, R. (2011). Accumulation of Microplastic on Shorelines Woldwide: Sources and Sinks. *Environmental Science & Technology*, 45(21), 9175–9179. <https://doi.org/10.1021/es201811s>
- Burigo-Marin, C., Niero, H., Zinnke, I., Pellizzetti, M. A., Santos, P. H., Cestari-Rudolf, A., ... Polette, M. (2019). Marine debris and pollution indexes on the beaches of Santa Catarina State, Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, 31, 100771. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100771>
- Cagnetta, G., Zhang, K., Zhang, Q., Huang, J., y Yu, G. (2018). Mechanochemical pre-treatment for viable recycling of plastic waste containing haloorganics. *Waste Management*, 75, 181–186. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2018.02.008>
- Carreras-Colom, E., Constenla, M., Soler-Membrives, A., Cartes, J. E., Baeza, M., Padrós, F., y Carrassón,

- M. (2018). Spatial occurrence and effects of microplastic ingestion on the deep-water shrimp *Aristeus antennatus*. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 44–52.
<https://doi.org/10.1016/j.MARPOLBUL.2018.05.012>
- Carson, H. S. (2013). The incidence of plastic ingestion by fishes: From the prey's perspective. *Marine Pollution Bulletin*, 74(1), 170–174. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.07.008>
- Castro-Jiménez, J., González-Fernández, D., Fomier, M., Schmidt, N., y Sempéré, R. (2019). Macro-litter in surface waters from the Rhone River: Plastic pollution and loading to the NW Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 146, 60–66.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.05.067>
- Catemaco.info. (n.d.). Atracciones de la Costa de Catemaco y Laguna de Sontecomapan. Retrieved June 30, 2018, from http://www.catemaco.info/s/turismo/catemaco_costa.html
- Catemaco.info. (2011). La Barra de Sontecomapan, Catemaco, Veracruz. Retrieved June 30, 2018, from http://www.catemaco.info/6a/sontecomapan/la_barra.html
- CEP y UNEP - Caribbean Environment Programme y United Nations Environment Programme. (2014). *Regional Action Plan on Marine Litter Management (RAPMaLi) for the Wider Caribbean Region 2014*. Kingston, Jamaica. Retrieved from http://www.cep.unep.org/cep-documents/rapmali_web.pdf
- Cervantes, O., y Espejel, I. (2008). Design of an integrated evaluation index for recreational beaches. *Ocean & Coastal Management*, 51(5), 410–419.
<https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2008.01.007>
- Cervantes Rosas, O. D. (2008). *Diseño de un índice integral (VIP) para evaluar playas recreativas*. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada B. C., México. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Omar_Cervantes/publication/276982441_Integral_Beach_Index_BIKIMI_PhD_Thesis/links/555cb56108ae8c0cab2a6515/Integral-Beach-Index-BIKIMI-PhD-Thesis.pdf
- Cheshire, A., Adler, E., Barbière, J., y Cohen, Y. (2009). *UNEP/IOC Guidelines on survey and monitoring of marine litter. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 186; IOC Technical Series No. 83*.
- Chow, C.-F., Wong, W.-L., Chan, C.-W., y Chan, C.-S. (2018). Converting inert plastic waste into energetic materials: A study on the light-accelerated decomposition of plastic waste with the Fenton reaction. *Waste Management*, 75, 174–180.
<https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2018.01.034>
- CIMARES - Comisión Intersecretarial para el Manejo Sustentable de Mares y Costas. (2010). *Política Nacional de Mares y Costas de México*. México. Retrieved from http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/ordenamientoecologico/cimares/Documents/pnmc_español_final.pdf
- Coastal Care. (2016). Beach Basics. Retrieved June 23, 2018, from <http://coastalcare.org/educate/beach-basics/>

- COFEPRIS- Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. (2010). ¿Que causa la contaminación en las playas? Retrieved June 24, 2018, from <http://www.cofepris.gob.mx/Paginas/Playas Limpias/Programa Integral de Playas Limpias/Protege tu salud/ContaminacionPlayas.aspx>
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., y Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588–2597. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2011.09.025>
- Comisión Europea. (2013). La lucha contra los desechos marinos. Retrieved July 9, 2018, from https://ec.europa.eu/environment/efe/themes/tackling-marine-litter_es
- CONABIO - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2015). Política Nacional de Mares y Costas de México. Retrieved from http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/mares/pdf/A4_PNMC_actualizada_dic2015.pdf
- CONAGUA - Comisión Nacional del Agua. (2017). Programa Playas Limpias, Agua y Ambiente Seguros (Proplayas). Retrieved July 10, 2018, from <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/programa-playas-limpias-agua-y-ambiente-seguros-proplayas>
- Constant, M., Kerhervé, P., Vercellio-Verollet, M.-M., Dumontier, M., Sánchez Vidal, A., Canals, M., y Heussner, S. (2019). Beached microplastics in the Northwestern Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 142, 263–273. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2019.03.032>
- Corcoran, P. L., Biesinger, M. C., y Grifi, M. (2009). Plastics and beaches: A degrading relationship. *Marine Pollution Bulletin*, 58(1), 80–84. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2008.08.022>
- Cornish Alvarez, M. L. (1997). *El ABC de los plásticos* (1 ed.). México: Universidad Iberoamericana.
- Correia-Prata, J., P.da Costa, J., Duarte, A. C., y Rocha-Santos, T. (2019). Methods for sampling and detection of microplastics in water and sediment: A critical review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 110, 150–159. <https://doi.org/10.1016/J.TRAC.2018.10.029>
- Costanza, R. (1999). The ecological, economic, and social importance of the oceans. *Ecological Economics*, 31(2), 199–213. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00079-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00079-8)
- Cózar, A., Echevarría, F., González-Gordillo, J. I., Irigoien, X., Ubeda, B., Hernández-León, S., ... Duarte, C. M. (2014). Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(28), 10239–10244. <https://doi.org/10.1073/pnas.1314705111>
- CRD - Capital Regional District. (n.d.). Coastal Sediment Processes. Retrieved July 9, 2018, from <https://www.crd.bc.ca/education/our-environment/geology-processes/coastal-sediment>
- da Silva, M. L., Oliveira Castro, R., Souza Sales, A., y Vieira de Araújo, F. (2018). Marine debris on beaches of Arraial do Cabo, RJ, Brazil: An important coastal tourist destination. *Marine Pollution Bulletin*, 130, 153–158. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2018.03.026>
- Das, P., y Tiwari, P. (2018). Valorization of packaging plastic waste by slow pyrolysis. *Resources, Conservation and Recycling*, 128, 69–77. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2017.09.025>

- Dauvergne, P. (2018). Why is the global governance of plastic failing the oceans? *Global Environmental Change*, 51, 22–31. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.05.002>
- de Carvalho, D. G., y Baptista Neto, J. A. (2016). Microplastic pollution of the beaches of Guanabara Bay, Southeast Brazil. *Ocean & Coastal Management*, 128, 10–17. <https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2016.04.009>
- Defeo, O., McLachlan, A., Schoeman, D. S., Schlacher, T. A., Dugan, J., Jones, A., ... Scapini, F. (2009). Threats to sandy beach ecosystems: A review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 81(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/J.ECSS.2008.09.022>
- DellaSala, D. A., Goldstein, M. I., y DellaSala, D. A. (2018). Oceans and Global Change: One Blue Planet. In *Encyclopedia of the Anthropocene* (pp. 17–19). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.05878-X>
- Department of State United States of America. (2017). Marine Pollution. Retrieved June 23, 2018, from <https://2009-2017.state.gov/e/oes/ocns/opa/ourocean/248163.htm>
- Díaz del Castillo Rodríguez, F. (2012). *Lecturas de ingeniería 21. Conformado de materiales plásticos*. Edo. Mex: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán. Retrieved from http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m6/conformado_de_plasticos.pdf
- Doble, M., Kumar, A., Doble, M., y Kumar, A. (2005). Degradation of Polymers. In *Biotreatment of Industrial Effluents* (pp. 101–110). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-075067838-4/50010-5>
- DOF - Diario Oficial de la Federación. (2003). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos*. México. Retrieved from http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lpggir/LPGGIR_orig_08oct03.pdf
- Domínguez-Tejo, E., Metternicht, G., Johnston, E. L., y Hedge, L. (2018). Exploring the social dimension of sandy beaches through predictive modelling. *Journal of Environmental Management*, 214, 379–407. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2018.03.006>
- Dubaish, F., y Liebezeit, G. (2013). Suspended Microplastics and Black Carbon Particles in the Jade System, Southern North Sea. *Water, Air, & Soil Pollution*, 224(2), 1352. <https://doi.org/10.1007/s11270-012-1352-9>
- Ecoembes. (2016). Los colores de la arena, el misterio de nuestras playas. Retrieved July 10, 2018, from <https://www.ecoembes.com/es/planeta-recicla/blog/los-colores-de-la-arena-el-misterio-de-nuestras-playas>
- ECOPLAS - Entidad Técnica Profesional Especializada en Plásticos y Medio Ambiente. (2011). *Manual de valorización de los residuos plásticos* (5a.). Buenos Aires. Retrieved from <http://ecoplas.org.ar/pdf/11.pdf>
- EEA - Agencia Europea de Medio Ambiente. (2016). Basura en nuestros mares. Retrieved July 9, 2018,

- from <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2014/en-detalle/basura-en-nuestros-mares>
- EIA - Energy Information Administration. (2018). Waste to Energy (Municipal Solid Waste). Retrieved February 4, 2019, from https://www.eia.gov/energyexplained/?page=biomass_waste_to_energy
- Encyclopaedia Britannica. (2018a). Mariana Trench. Retrieved July 9, 2018, from <https://www.britannica.com/place/Mariana-Trench>
- Encyclopaedia Britannica. (2018b). Marine ecosystem. Retrieved June 23, 2018, from <https://www.britannica.com/science/marine-ecosystem>
- Encyclopaedia Britannica. (2018c). Marine sediment. Retrieved July 9, 2018, from <https://www.britannica.com/science/marine-sediment>
- Encyclopaedia Britannica. (2018d). Ocean current. Retrieved July 10, 2018, from <https://www.britannica.com/science/ocean-current>
- Encyclopaedia Britannica. (2018e). Polystyrene | chemical compound. Retrieved May 25, 2018, from <https://www.britannica.com/science/polystyrene>
- Encyclopaedia Britannica. (2018f). Seawater. Retrieved June 24, 2018, from <https://www.britannica.com/science/seawater>
- Encyclopedia.com. (2009). Ocean Circulation and Currents. Retrieved July 10, 2018, from <https://www.encyclopedia.com/environment/energy-government-and-defense-magazines/ocean-circulation-and-currents>
- Endo, S., Takizawa, R., Okuda, K., Takada, H., Chiba, K., Kanehiro, H., ... Date, T. (2005). Concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) in beached resin pellets: Variability among individual particles and regional differences. *Marine Pollution Bulletin*, 50(10), 1103–1114. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.04.030>
- EO, S., Hong, S. H., Song, Y. K., Lee, J., Lee, J., y Shim, W. J. (2018). Abundance, composition, and distribution of microplastics larger than 20 μm in sand beaches of South Korea. *Environmental Pollution*, 238, 894–902. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.03.096>
- EPA - Environmental Protection Agency. (2019). Beach. Retrieved September 10, 2019, from <https://www.epa.gov/beaches>
- EPA - Environmental Protection Authority. (2016). Marine fauna. Retrieved from http://www.epa.wa.gov.au/sites/default/files/Policies_and_Guidance/Guideline-Marine-Fauna-131216_2.pdf
- Erni-Cassola, G., Gibson, M. I., Thompson, R. C., y Christie-Oleza, J. A. (2017). Lost, but Found with Nile Red: A Novel Method for Detecting and Quantifying Small Microplastics (1 mm to 20 μm) in Environmental Samples. *Environmental Science & Technology*, 51(23), 13641–13648. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b04512>
- Espinosa, J., y Ortea, J. (n.d.). 4. *Biota Marina*. Retrieved from

<http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/1431/92/072-083> Cap. 4 Biota Marina.pdf

Feely, R. A., Sabine, C. L., Lee, K., Berelson, W., Kleypas, J., Fabry, V. J., y Millero, F. J. (2004). Impact of Anthropogenic CO₂ on the CaCO₃ System in the Oceans. *Science*, 305(5682), 362–366.

<https://doi.org/10.1126/science.1097329>

Fendall, L. S., y Sewell, M. A. (2009). Contributing to marine pollution by washing your face:

Microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin*, 58(8), 1225–1228.

<https://doi.org/https://bidi.uam.mx:6990/10.1016/j.marpolbul.2009.04.025>

Fombuena Borràs, V., Fenollar Gimeno, O. Á., y Montañés Muñoz, N. (2016). *Caracterización de materiales poliméricos* (Colección académica). España: Universitat Politècnica de València.

Retrieved from [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/67732/IPP-](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/67732/IPP-Fombuena%3BFenollar%3BMontañés)

Fombuena%3BFenollar%3BMontañés - Caracterización de materiales poliméricos.pdf?sequence=2

Frias, J. P. G. L., Gago, J., Otero, V., y Sobral, P. (2016). Microplastics in coastal sediments from Southern Portuguese shelf waters. *Marine Environmental Research*, 114, 24–30.

<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.12.006>

Gaceta Oficial de la Ciudad de México. Decreto por el que se adicionan las fracciones IV BIS, VIII BIS, XXIII BIS, XXVI BIS, XXVI TER, XXVI QUATER al artículo 3 y una fracción XI BIS al artículo 6; asimismo, se reforman las fracciones VI del artículo 3, XI del artículo 6 y XI BIS del artículo , Pub. L. No. N.d., 5 (2019). México. Retrieved from

https://data.consejeria.cdmx.gob.mx/portal_old/uploads/gacetas/408ba286c289c8b5f78d4a87d6d5b9b8.pdf

García, G. (2012). *Evaluación del potencial turístico en la playa Norte de El Mogote, bahía de La Paz, B.C.S, México*. Instituto Politecnico Nacional - Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B. C. S., México. Retrieved from

<http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/13526/1/garciamo1.pdf>

GBB - Gershman Brickner & Bratton Inc. (2013). *Gasification of non-recycled plastics from municipal solid waste in the United States*. Arlington, Texas. Retrieved from www.gbbinc.com

GeoEnciclopedia. (n.d.). Olas. Retrieved July 10, 2018, from <https://www.geoenciclopedia.com/olas/>

Geyer, R., Jambeck, J. R., y Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>

Gobierno del Estado de Baja California. (2015). Playas de Rosarito. Retrieved February 10, 2019, from http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/municipios/rosarito/rosarito.jsp

González, S. A., y Holtmann-Ahumada, G. (2017). Quality of tourist beaches of northern Chile: A first approach for ecosystem-based management. *Ocean & Coastal Management*, 137, 154–164. <https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2016.12.022>

González, S. A., Yáñez-Navea, K., y Muñoz, M. (2014). Effect of coastal urbanization on sandy beach coleoptera *Phaleria maculata* (Kulzer, 1959) in northern Chile. *Marine Pollution Bulletin*, 83(1),

265–274. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2014.03.042>

- Guo, X., y Wang, J. (2019). The chemical behaviors of microplastics in marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 142, 1–14. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2019.03.019>
- H. Ayuntamiento de Lázaro Cárdenas. (n.d.). Lázaro Cárdenas, Quintana Roo. Retrieved February 9, 2019, from <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM23quintanaroo/municipios/23007a.html>
- H. Ayuntamiento de Playas de Rosarito. (n.d.). Playas de Rosarito, Baja California. Retrieved February 10, 2019, from <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM02bajacalifornia/municipios/02005a.html>
- H. Ayuntamiento de San Pedro Pochutla. (n.d.). Oaxaca - San Pedro Pochutla. Retrieved December 4, 2018, from <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM20oaxaca/municipios/20324a.html>
- H. Ayuntamiento de Santa María Tonameca. (n.d.). Oaxaca - Santa María Tonameca. Retrieved December 2, 2018, from <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM20oaxaca/municipios/20439a.html>
- Hengstmann, E., Tamminga, M., vom Bruch, C., y Fischer, E. K. (2018). Microplastic in beach sediments of the Isle of Rügen (Baltic Sea) - Implementing a novel glass elutriation column. *Marine Pollution Bulletin*, 126, 263–274. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2017.11.010>
- Hernández, C. T., Pérez Jiménez, J. C., y Arce Ibarra, A. M. (n.d.). Gestión litoral y política pública en México: un diagnóstico. Retrieved from <http://hum117.uca.es/ibermar/Resultados y descargas/publicaciones/mexico>
- Herrera, A., Asensio, M., Martínez, I., Santana, A., Packard, T., y Gómez, M. (2017). Microplastic and tar pollution on three Canary Islands beaches: An annual study. *Marine Pollution Bulletin*, 129(2), 494–502. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2017.10.020>
- Herrera, Alicia, Garrido-Amador, P., Martínez, I., Samper, M. D., López-Martínez, J., Gómez, M., y Packard, T. T. (2018). Novel methodology to isolate microplastics from vegetal-rich samples. *Marine Pollution Bulletin*, 129(1), 61–69. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2018.02.015>
- Heskett, M., Takada, H., Yamashita, R., Yuyama, M., Ito, M., Geok, Y. B., ... Mermoz, J. (2012). Measurement of persistent organic pollutants (POPs) in plastic resin pellets from remote islands: Toward establishment of background concentrations for International Pellet Watch. *Marine Pollution Bulletin*, 64(2), 445–448. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2011.11.004>
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., y Thiel, M. (2012). Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science & Technology*, 46(6), 3060–3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>
- Holmes, L. A., Turner, A., y Thompson, R. C. (2012). Adsorption of trace metals to plastic resin pellets in the marine environment. *Environmental Pollution*, 160(1), 42–48. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.08.052>

- Horodytska, O., Valdés, F. J., y Fullana, A. (2018). Plastic flexible films waste management – A state of art review. *Waste Management*, 77, 413–425. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2018.04.023>
- IMO - International Maritime Organization. (2006). 1996 Protocol to the convention on the prevention of marine pollution by dumping of wastes and other matter, 1972. As amended in 2006. Retrieved from <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/LCLP/Documents/PROTOCOLAmended2006.pdf>
- IMO - International Maritime Organization. (2018). Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter. Retrieved July 8, 2018, from <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/LCLP/Pages/default.aspx>
- Instituto de Ecología. (n.d.). *Mar de olas, mar de arena*. Retrieved from http://www1.inecol.edu.mx/costasustentable/esp/pdfs/Publicaciones/MarDeArena/IV_MarDeOlas.pdf
- IUCN - International Union for Conservation of Nature. (2018). Marine. Retrieved July 9, 2018, from <https://www.iucn.org/theme/species/our-work/marine>
- Jabeen, K., Su, L., Li, J., Yang, D., Tong, C., Mu, J., y Shi, H. (2017). Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China. *Environmental Pollution*, 221, 141–149. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2016.11.055>
- Jang, Y. C., Ranatunga, R. R. M. K. P., Mok, J. Y., Kim, K. S., Hong, S. Y., Choi, Y. R., y Gunasekara, A. J. M. (2018). Composition and abundance of marine debris stranded on the beaches of Sri Lanka: Results from the first island-wide survey. *Marine Pollution Bulletin*, 128, 126–131. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2018.01.018>
- Karthik, R., Robin, R. S., Purvaja, R., Ganguly, D., Anandavelu, I., Raghuraman, R., ... Ramesh, R. (2018). Microplastics along the beaches of southeast coast of India. *Science of The Total Environment*, 645, 1388–1399. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.07.242>
- Kedzierski, M., Le Tilly, V., Bourseau, P., Bellegou, H., César, G., Sire, O., y Bruzaud, S. (2016). Microplastics elutriation from sandy sediments: A granulometric approach. *Marine Pollution Bulletin*, 107(1), 315–323. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.03.041>
- Kedzierski, M., Le Tilly, V., Bourseau, P., Bellegou, H., César, G., Sire, O., y Bruzaud, S. (2017). Microplastics elutriation system. Part A: Numerical modeling. *Marine Pollution Bulletin*, 119(2), 151–161. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2017.04.060>
- Kline, J. D., y Swallow, S. K. (1998). The demand for local access to coastal recreation in southern New England. *Coastal Management*, 26(3), 177–190. <https://doi.org/10.1080/08920759809362351>
- Kunz, A., Walther, B. A., Löwemark, L., y Lee, Y.-C. (2016). Distribution and quantity of microplastic on sandy beaches along the northern coast of Taiwan. *Marine Pollution Bulletin*, 111(1–2), 126–135. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2016.07.022>
- Laglbauer, B. J. L., Franco-Santos, R. M., Andreu-Cazenave, M., Brunelli, L., Papadatou, M., Palatinus, A.,

- ... Deprez, T. (2014). Macrodebris and microplastics from beaches in Slovenia. *Marine Pollut Laglbauer, B. J. L. et Al. (2014) 'Macrodebris and Microplastics from Beaches in Slovenia', Marine Pollution Bulletin. Pergamon, 89(1–2), Pp. 356–366. Doi: 10.1016/J.MARPOLBUL.2014.09.036. Ution Bulletin, 89(1–2), 356–366. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2014.09.036>*
- Larsen, A. W., y Astrup, T. (2011). CO2 emission factors for waste incineration: Influence from source separation of recyclable materials. *Waste Management, 31(7), 1597–1605. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.03.001>*
- Lebreton, L. C. M., van der Zwet, J., Damsteeg, J.-W., Slat, B., Andrady, A., y Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications, 8(15611), n/a-n/a. <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>*
- Lee, H., Shim, W. J., y Kwon, J.-H. (2014). Sorption capacity of plastic debris for hydrophobic organic chemicals. *Science of The Total Environment, 470–471, 1545–1552. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2013.08.023>*
- Lenz, R., Enders, K., Stedmon, C. A., Mackenzie, D. M. A., y Nielsen, T. G. (2015). A critical assessment of visual identification of marine microplastic using Raman spectroscopy for analysis improvement. *Marine Pollution Bulletin, 100(1), 82–91. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2015.09.026>*
- Li, W. C. (2018). The Occurrence, Fate, and Effects of Microplastics in the Marine Environment. *Microplastic Contamination in Aquatic Environments, 133–173. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813747-5.00005-9>*
- Liu, X., Zheng, M., Wang, L., Ke, R., Lou, Y., Zhang, X., ... Zhang, Y. (2018). Sorption behaviors of tris-(2,3-dibromopropyl) isocyanurate and hexabromocyclododecanes on polypropylene microplastics. *Marine Pollution Bulletin, 135, 581–586. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.07.061>*
- Lopez, G., Artetxe, M., Amutio, M., Alvarez, J., Bilbao, J., y Olazar, M. (2018). Recent advances in the gasification of waste plastics. A critical overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82, 576–596. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2017.09.032>*
- Lots, F. A. E., Behrens, P., Vijver, M. G., Horton, A. A., y Bosker, T. (2017). A large-scale investigation of microplastic contamination: Abundance and characteristics of microplastics in European beach sediment. *Marine Pollution Bulletin, 123(1–2), 219–226. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2017.08.057>*
- Lusher, A. (2015). Microplastics in the Marine Environment: Distribution, Interactions and Effects. In *Marine Anthropogenic Litter* (pp. 245–307). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_10
- Lusher, A. L., Burke, A., O'Connor, I., y Officer, R. (2014). Microplastic pollution in the Northeast Atlantic Ocean: Validated and opportunistic sampling. *Marine Pollution Bulletin, 88(1–2), 325–333. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2014.08.023>*

- Lusher, A. L., Tirelli, V., O'Connor, I., y Officer, R. (2015). Microplastics in Arctic polar waters: the first reported values of particles in surface and sub-surface samples. *Scientific Reports*, 5(1), 14947. <https://doi.org/10.1038/srep14947>
- Mahmoud, M. E., El-Khatib, A. M., Badawi, M. S., Rashad, A. R., El-Sharkawy, R. M., y Thabet, A. A. (2018). Recycled high-density polyethylene plastics added with lead oxide nanoparticles as sustainable radiation shielding materials. *Journal of Cleaner Production*, 176, 276–287. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.12.100>
- Mancheno, M., Astudillo, S., Arévalo, P., Malo, I., Naranjo, T., y Espinoza, J. (2016). Aprovechamiento energético de residuos plásticos obteniendo combustibles líquidos, por medio de pirólisis. *La Granja: Revista de Ciencias de La Vida*, 23(1), 53–59. <https://doi.org/10.17163/lgr.n23.2016.06>
- Markets y Markets. (2018). Commodity Plastics Market worth 493.74 Billion USD by 2022. Retrieved June 7, 2018, from <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/commodity-plastic.asp>
- MARM - Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2011). *Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea para incineración de residuos*. Madrid. Retrieved from http://www.prtr-es.es/Data/images/MTD_Incineracion_residuos_ES.pdf
- Marshall, F. E., Banks, K., y Cook, G. S. (2014). Ecosystem indicators for Southeast Florida beaches. *Ecological Indicators*, 44, 81–91. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2013.12.021>
- Martínez, M. L. (2010). *Las playas y dunas costeras: un hogar en movimiento* (Primera). Distrito Federal: Fondo de Cultura Económica. Retrieved from https://books.google.com.mx/books?id=YY73mCd3usAC&printsec=frontcover&hl=es&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Mendoza, N. (2018). *Adsorción de contaminantes en microplásticos en ambientes marinos*. Universidad Autónoma Metropolitana. Retrieved from http://148.206.79.169/F/EQVPGTF567EXCGX8R7UX7YF3F6BA2KLCXQIEYN5MJ19C7H7IIB-11139?func=find-b&request=Nayely+mendoza&find_code=WRD&adjacent=N&x=0&y=0
- Messinetti, S., Mercurio, S., Parolini, M., Sugni, M., y Pennati, R. (2018). Effects of polystyrene microplastics on early stages of two marine invertebrates with different feeding strategies. *Environmental Pollution*, 237, 1080–1087. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2017.11.030>
- Moore, C. J. (2008). Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. *Environmental Research*, 108(2), 131–139. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envres.2008.07.025>
- Moreno-Casasola, P. (2004). Las playas y dunas del Golfo de México. Una visión de la situación actual. In M. Caso, I. Pisanty, & E. Ezcurra (Eds.), *Diagnóstico ambiental del Golfo de México* (Primera, pp. 491–520). Distrito Federal: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Retrieved from https://books.google.com.mx/books?id=GsqU9iMrFOgC&printsec=frontcover&hl=es&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Moreno, D. D. P., y Saron, C. (2017). Low-density polyethylene waste/recycled wood composites.

- Composite Structures*, 176, 1152–1157. <https://doi.org/10.1016/J.COMPSTRUCT.2017.05.076>
- MSFD Technical Subgroup on Marine Litter. (2013). *Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas*. Unión Europea. <https://doi.org/10.2788/99475>
- Muhammad, R. A. (n.d.). *Commodity Polymers, Engineering Polymers and Speciality Polymers*. Faisalabad, Pakistán. Retrieved from https://www.academia.edu/7067856/Speciality_Polymers_Engineering_Polymers_and_Commodity_Polymers
- Müller, A., Becker, R., Dorgerloh, U., Simon, F.-G., y Braun, U. (2018). The effect of polymer aging on the uptake of fuel aromatics and ethers by microplastics. *Environmental Pollution*, 240, 639–646. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.127>
- Munari, C., Corbau, C., Simeoni, U., y Mistri, M. (2016). Marine litter on Mediterranean shores: Analysis of composition, spatial distribution and sources in north-western Adriatic beaches. *Waste Management*, 49, 483–490. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2015.12.010>
- Nachite, D., Maziane, F., Anfuso, G., y Williams, A. T. (2019). Spatial and temporal variations of litter at the Mediterranean beaches of Morocco mainly due to beach users. *Ocean & Coastal Management*, 179, 104846. <https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2019.104846>
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2011). Global Surface Currents. Retrieved June 24, 2018, from [http://www.aoml.noaa.gov/phod/bin/phplib/popup_image.php?&plmgUrl=./currents.jpg&pPageUrl=http://www.aoml.noaa.gov/phod/soto/gsc/index.php&pSWidth=1280&pSHeight=1024&pTitle=Global Surface Currents](http://www.aoml.noaa.gov/phod/bin/phplib/popup_image.php?&plmgUrl=./currents.jpg&pPageUrl=http://www.aoml.noaa.gov/phod/soto/gsc/index.php&pSWidth=1280&pSHeight=1024&pTitle=Global%20Surface%20Currents)
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2018a). What is a gyre? Retrieved June 27, 2018, from <https://oceanservice.noaa.gov/facts/gyre.html>
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2018b). What is nutrient pollution? Retrieved from <https://oceanservice.noaa.gov/facts/nutpollution.html>
- NIWA - National Institute of Water and Atmospheric research. (2016a). 13 Beach types. Retrieved from <https://www.niwa.co.nz/coasts-and-oceans/nz-coast/learn-about-coastal-environments/beach-types/13-beach-types>
- NIWA - National Institute of Water and Atmospheric research. (2016b). Reflective beaches. Retrieved from <https://www.niwa.co.nz/coasts-and-oceans/nz-coast/learn-about-coastal-environments/beach-types/13-beach-types/reflective>
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. (2017a). How many oceans are there? Retrieved from <https://oceanservice.noaa.gov/facts/howmanyoceans.html>
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. (2017b). Why should we care about the ocean? Retrieved from <https://oceanservice.noaa.gov/facts/why-care-about-ocean.html>
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. (2018a). Marine Pollution. Retrieved June

23, 2018, from https://www.gc.noaa.gov/gcil_marine_pollution2.html

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. (2018b). Ocean pollution. Retrieved June 23, 2018, from <http://www.noaa.gov/resource-collections/ocean-pollution>

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. (2018c). What are microplastics? Retrieved June 23, 2018, from <https://oceanservice.noaa.gov/facts/microplastics.html>

NOAA -National Oceanic and Atmospheric Administration. (2011). Ocean currents. Retrieved June 23, 2018, from <http://www.noaa.gov/resource-collections/ocean-currents>

NOAA Tides & Currents. (2013). Tides & Great Lakes Water Levels. Retrieved June 23, 2018, from https://tidesandcurrents.noaa.gov/water_level_info.html

NOOA - National Oceanic and Atmospheric Administration. (2018a). Plastics. Retrieved June 23, 2018, from <https://marinedebris.noaa.gov/info/plastic.html>

NOOA - National Oceanic and Atmospheric Administration. (2018b). What is the biggest source of pollution in the ocean? Retrieved June 23, 2018, from <https://oceanservice.noaa.gov/facts/pollution.html>

Norén, F. (2007). Small plastic particles in Coastal Swedish waters. *N-Research*, 11. Retrieved from [http://www.n-research.se/pdf/Small plastic particles in Swedish West Coast Waters.pdf](http://www.n-research.se/pdf/Small%20plastic%20particles%20in%20Swedish%20West%20Coast%20Waters.pdf)

Novotny, T. E., Bialous, S. A., Burt, L., Curtis, C., Luiza da Costa, V., Iqtidar, S. U., ... Tursan d'Espaignet, E. (2015). The environmental and health impacts of tobacco agriculture, cigarette manufacture and consumption. *Bulletin of the World Health Organization*, 93(12), 877–880. <https://doi.org/10.2471/BLT.15.152744>

NOWPAP - Northwest Pacific Action Plan. (2007). *Guidelines for monitoring marine litter on the beaches and shorelines of the North West Pacific region*. Retrieved from <http://cearac.nowpap.org/publications/technical-report/marine-litter.html>

Nuelle, M. T., Dekiff, J. H., Remy, D., y Fries, E. (2014). A new analytical approach for monitoring microplastics in marine sediments. *Environmental Pollution*, 184, 161–169. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.07.027>

Nuestro Mexico. (n.d.). Barra de Sontecomapan Veracruz de Ignacio de la Llave (Catemaco) Mexico Pueblos grandes. Retrieved June 30, 2018, from <http://www.nuestro-mexico.com/Veracruz-de-Ignacio-de-la-Llave/Catemaco/Areas-de-menos-de-500-habitantes/Barra-de-Sontecomapan/>

Ocean Conservancy. (2011). *Tracking Trash 25 Years Of Action for the Ocean. 2011 REPORT. USA: Ocean Conservancy International.*

Ocean Conservancy. (2014). *Turning the tide on trash. 2014 REPORT. USA: Ocen Conservacy International.*

Ocean Conservancy. (2015). *Trash free seas. Every piece, every person. 2015 REPORT. USA: Ocean Conservancy International.* Retrieved from <https://oceanconservancy.org/wp->

content/uploads/2017/04/2015-Ocean-Conservancy-ICC-Report.pdf

Ocean Conservancy. (2016). *30th Aniversary. 2016 REPORT. USA: Ocean Conservancy International*. Retrieved from <https://oceanconservancy.org/wp-content/uploads/2017/04/2016-Ocean-Conservancy-ICC-Report.pdf>

Ocean Conservancy. (2017). *Together for our ocean. 2017 REPORT. USA: Ocean Conservancy International*.

Ocean Conservancy. (2018a). *Building a clean swell. 2018 REPORT. USA: Ocean Conservancy International*. Retrieved from <https://oceanconservancy.org/wp-content/uploads/2018/07/Building-A-Clean-Swell.pdf>

Ocean Conservancy. (2018b). International Coastal Cleanup. Retrieved June 24, 2018, from <https://oceanconservancy.org/trash-free-seas/international-coastal-cleanup/>

Ocean Plasma. (n.d.). Chemistry of Seawater. Retrieved July 9, 2018, from <http://oceanplasma.org/documents/chemistry.html>

Oceana EU. (n.d.). El fondo marino, los cimientos del océano. Retrieved June 23, 2018, from <https://eu.oceana.org/es/eu/que-hacemos/pesca-sostenible/pesca-destructiva/arrastre-de-fondo/mas-informacion/el-fondo-marino>

Opfer, S., Arthur, C., y Lippiatt, S. (2012). *NOAA Marine Debris Shoreline Survey Field Guide. NOAA Marine Debris Program*.

Orr, J. C., Fabry, V. J., Aumont, O., Bopp, L., Doney, S. C., Feely, R. A., ... Yool, A. (2005). Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature*, 437(7059), 681–686. <https://doi.org/10.1038/nature04095>

Ory, N. C., Sobral, P., Ferreira, J. L., y Thiel, M. (2017). Amberstripe scad *Decapterus muroadsi* (Carangidae) fish ingest blue microplastics resembling their copepod prey along the coast of Rapa Nui (Easter Island) in the South Pacific subtropical gyre. *Science of The Total Environment*, 586, 430–437. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.175>

Palomino de Dios, A., Cabrera Salvat, M., Martinez Garrido, E., y Sanchez-Cabeza, J.-A. (2012). Environmental quality of Sitges (Catalonia, NE Spain) beaches during the bathing season. *Ocean & Coastal Management*, 55, 128–134. <https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2011.10.004>

Peña-Alonso, C., Ariza, E., Hernández-Calvento, L., y Pérez-Chacón, E. (2018). Exploring multi-dimensional recreational quality of beach socio-ecological systems in the Canary Islands (Spain). *Tourism Management*, 64, 303–313. <https://doi.org/10.1016/J.TOURMAN.2017.09.008>

Peters, C. A., Thomas, P. A., Rieper, K. B., y Bratton, S. P. (2017). Foraging preferences influence microplastic ingestion by six marine fish species from the Texas Gulf Coast. *Marine Pollution Bulletin*, 124(1), 82–88. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2017.06.080>

Piñon-Colin, T. de J., Rodriguez-Jimenez, R., Pastrana-Corral, M. A., Rogel-Hernandez, E., y Wakida, F. T. (2018). Microplastics on sandy beaches of the Baja California Peninsula, Mexico. *Marine Pollution*

Bulletin, 131, 63–71. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2018.03.055>

- Plastics Europe. (2018). *Plastics - the Facts 2018. An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Bruselas, Bélgica. Retrieved from <https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications/619-plastics-facts-2018>
- Plastics Europe. (2019). Sobre los plásticos. Retrieved May 25, 2018, from <https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics>
- Polat, S., Fenercioğlu, H., y Güçlü, M. (2018). Effects of metal nanoparticles on the physical and migration properties of low density polyethylene films. *Journal of Food Engineering*, 229, 32–42. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2017.12.004>
- Polymerdatabase. (2015). Properties of Polystyrene. Retrieved May 25, 2018, from [http://polymerdatabase.com/polymer classes/Polystyrene type.html](http://polymerdatabase.com/polymer%20classes/Polystyrene%20type.html)
- Posch, D. W. (2017). Polyolefins. In *Applied Plastics Engineering Handbook* (pp. 27–53). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-39040-8.00002-X>
- PRI - Paleontological Research Institution. (2018). Filter Feeding. Retrieved June 27, 2018, from <https://www.priweb.org/index.php/education/education-projects-programs/under-siege-marine-life-vs-the-gulf-oil-spill/lifestyles/filter-feeding>
- Ragaert, K., Delva, L., y Van Geem, K. (2017). Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. *Waste Management*, 69, 24–58. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2017.07.044>
- Rangel-Buitrago, N., Castro-Barros, J. D., Adriana Gracia, C., Villadiego, J. D. V., y Williams, A. T. (2018). Litter impacts on beach/dune systems along the Atlántico Department, the Caribbean Coastline of Colombia. *Marine Pollution Bulletin*, 137, 35–44. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2018.10.009>
- Rangel-Buitrago, N., Williams, A., y Anfuso, G. (2018). Killing the goose with the golden eggs: Litter effects on scenic quality of the Caribbean coast of Colombia. *Marine Pollution Bulletin*, 127, 22–38. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2017.11.023>
- Retama, I., Jonathan, M. P., Shruti, V. C., Velumani, S., Sarkar, S. K., Roy, P. D., y Rodríguez-Espinosa, P. F. (2016). Microplastics in tourist beaches of Huatulco Bay, Pacific coast of southern Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 113(1–2), 530–535. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2016.08.053>
- Rezania, S., Park, J., Md Din, M. F., Mat Taib, S., Talaiekhazani, A., Kumar Yadav, K., y Kamyab, H. (2018). Microplastics pollution in different aquatic environments and biota: A review of recent studies. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 191–208. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2018.05.022>
- Roca, E., Riera, C., Villares, M., Fragell, R., y Junyent, R. (2008). A combined assessment of beach occupancy and public perceptions of beach quality: A case study in the Costa Brava, Spain. *Ocean & Coastal Management*, 51(12), 839–846. <https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2008.08.005>
- Rosado-Piña, V. L., Mendoza-Muñoz, N., Vázquez-Morillas, A., Alvarez-Zeferino, J. C., Beltrán-

Villavicencio, M., y Ojeda-Benitez, S. (2018). Caracterización de microplásticos y muestreo de residuos sólidos urbanos de la playa de Tuxpan, Veracruz. In S. Ojeda, S. Cruz, B. Venegas, G. Bernache, M. Mañón, & A. Vázquez (Eds.), *Encuentro de Expertos en Residuos Sólidos. Los residuos como recurso* (Vol. 11, pp. 64–72). Guadalajara, México. Retrieved from <http://www.somers-ac.org/encuentros/encuentros.html>

Sagawa, N., Kawaai, K., y Hinata, H. (2018). Abundance and size of microplastics in a coastal sea: Comparison among bottom sediment, beach sediment, and surface water. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 532–542. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.036>

Santiago, R. (2010). *Caracterización de las playas de Tuxpan, Veracruz mediante criterios de certificación*. Retrieved from <https://www.uv.mx/pozarica/mmemc/files/2012/10/Roberto-Santiago.pdf>

Sardá, R., Ariza, E., Jimenez, J. A., Valdemoro, H., Villares, M., Roca, E., ... Fluvíá, M. (2013). El índice de calidad de playas (BQI). In R. Sardá, J. Pintó, & J. F. Valls (Eds.), *Hacia un nuevo modelo integral de gestión de playas* (pp. 106–122). Girona: Documenta Universitaria. Retrieved from <https://books.google.com.mx/books?id=0ybPBAAAQBAJ&pg=PP98&lpg=PP98&dq=INDICE+CEDEX+PARA+PLAYAS&source=bl&ots=iuOUVVCI84&sig=ACfU3U32GM5Mwpd163w9akb4WYKUyd-TYA&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiVpaPPjvjgAhVPQqOKHVN1ANYQ6AEwCnoECAcQAQ#v=onepage&q=INDICE CEDEX PARA>

Sastri, V. R. (2014). Commodity Thermoplastics. In *Plastics in Medical Devices* (pp. 73–120). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-3201-2.00006-9>

SCFI - Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Norma Mexicana NMX-E-232-CNCP-2011. Industria del plástico - Reciclado de plásticos - Simbología para la identificación del material constitutivo de artículos de plástico - Nomenclatura. Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 21 de Septiem (2011).

SCFI - Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Norma Mexicana NMX-AA-120-SCFI-2016. Que establece los requisitos y especificaciones de sustentabilidad de calidad de playas (2016). Retrieved from <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/213866/NMX-AA-120-SCFI-2016.pdf>

Schmidt, C., Krauth, T., y Wagner, S. (2017). Export of Plastic Debris by Rivers into the Sea. *Environmental Science & Technology*, 51(21), 12246–12253. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.est.7b02368>

Schneider, F., Parsons, S., Clift, S., Stolte, A., y McManus, M. C. (2018). Collected marine litter — A growing waste challenge. *Marine Pollution Bulletin*, 128, 162–174. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.011>

SEDESOL - Secretaría de Desarrollo Social. (2013a). Resumen Municipal de Playas de Rosarito. Retrieved February 10, 2019, from <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=02&mu>

n=005

- SEDESOL - Secretaría de Desarrollo Social. (2013b). Resumen Municipal de San Pedro Pochutla. Retrieved December 4, 2018, from <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=20&mun=324>
- SEDESOL - Secretaría de Desarrollo Social. (2013c). Resumen Municipal de Santa María Tonameca. Retrieved December 2, 2018, from <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=20&mun=439>
- SEMAR - Secretaria de Marina. (2017). Protección al Medio Ambiente Marino. Retrieved July 10, 2018, from <https://www.gob.mx/semar/articulos/proteccion-al-medio-ambiente-marino?idiom=es>
- SEMARNAT - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2014a). Antecedentes de CIMARES. Retrieved July 11, 2018, from <http://www.semarnat.gob.mx/temas/ordenamiento-ecologico/historico-cimares/antecedentes>
- SEMARNAT - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2014b). *Situación actual de CIMARES*. Retrieved from http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/ordenamiento/situacion_actual_cimares.pdf
- SEMARNAT - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2015). *Informe de la situación del medio ambiente en México. Capítulo 7 Residuos*. Ciudad de México, México. Retrieved from <http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe15/tema/cap7.html#tema1>
- Semeoshenkova, V., Newton, A., Contin, A., y Greggio, N. (2017). Development and application of an Integrated Beach Quality Index (BQI). *Ocean and Coastal Management*, 143, 74–86. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.08.013>
- Senado de la República. Iniciativa con proyecto de decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, en materia de plásticos (2019). Ciudad de México, México. Retrieved from http://infosen.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/64/1/2019-04-29-1/assets/documentos/Ini_lgpgir_plasticos_230419.pdf
- Shaw, D. G., y Day, R. H. (1994). Colour- and form-dependent loss of Plastic Micro-debris from the North Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 28(1), 39–43. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0025-326X\(94\)90184-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0025-326X(94)90184-8)
- Shiber, J. G. (1982). Plastic pellets on Spain's 'Costa del Sol' beaches. *Marine Pollution Bulletin*, 13(12), 409–412. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(82\)90014-5](https://doi.org/10.1016/0025-326X(82)90014-5)
- Shim, W. J., Song, Y. K., Hong, S. H., y Jang, M. (2016). Identification and quantification of microplastics using Nile Red staining. *Marine Pollution Bulletin*, 113(1–2), 469–476. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.10.049>

- Silva-Iñiguez, L., y Fischer, D. W. (2003). Quantification and classification of marine litter on the municipal beach of Ensenada, Baja California, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 46(1), 132–138. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00216-3](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00216-3)
- Silva, A. B., Bastos, A. S., Justino, C. I. L., da Costa, J. P., Duarte, A. C., y Rocha-Santos, T. A. P. (2018). Microplastics in the environment: Challenges in analytical chemistry - A review. *Analytica Chimica Acta*, 1017, 1–19. <https://doi.org/10.1016/J.ACA.2018.02.043>
- SMN - Servicio Meteorológico Nacional. (2018). Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAS). Retrieved June 29, 2018, from <https://smn.cna.gob.mx/tools/PHP/sivea/sivea.php>
- Sogancioglu, M., Yel, E., y Ahmetli, G. (2017). Pyrolysis of waste high density polyethylene (HDPE) and low density polyethylene (LDPE) plastics and production of epoxy composites with their pyrolysis chars. *Journal of Cleaner Production*, 165, 369–381. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.07.157>
- Stock, F., Kochleus, C., Bänisch-Baltruschat, B., Brennholt, N., y Reifferscheid, G. (2019). Sampling techniques and preparation methods for microplastic analyses in the aquatic environment – A review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 113, 84–92. <https://doi.org/10.1016/J.TRAC.2019.01.014>
- Suciu, M. C., Tavares, D. C., Costa, L. L., Silva, M. C. L., y Zalmon, I. R. (2017). Evaluation of environmental quality of sandy beaches in southeastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 119(2), 133–142. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2017.04.045>
- Tabasová, A., Kropáč, J., Kermes, V., Nemet, A., y Stehlík, P. (2012). Waste-to-energy technologies: Impact on environment. *Energy*, 44(1), 146–155. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.01.014>
- Teuten, E. L., Rowland, S. J., Galloway, T. S., y Thompson, R. C. (2007). Potential for Plastics to Transport Hydrophobic Contaminants. *Environmental Science & Technology*, 41(22), 7759–7764. <https://doi.org/10.1021/ES071737S>
- Teuten, E. L., Saquing, J. M., Knappe, D. R. U., Barlaz, M. A., Jonsson, S., Björn, A., ... Takada, H. (2009). Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2027–2045. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0284>
- Topçu, E. N., Tonay, A. M., Dede, A., Öztürk, A. A., y Öztürk, B. (2013). Origin and abundance of marine litter along sandy beaches of the Turkish Western Black Sea Coast. *Marine Environmental Research*, 85, 21–28. <https://doi.org/10.1016/J.MARENVRES.2012.12.006>
- Turner, A., y Holmes, L. (2011). Occurrence, distribution and characteristics of beached plastic production pellets on the island of Malta (central Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin*, 62(2), 377–381. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.09.027>
- UCSB - University of California Santa Barbara. (2017). Why have beach sands different colors? Retrieved June 24, 2018, from <http://scienceline.ucsb.edu/getkey.php?key=77>

- UDC - Universidade da Coruña. (2012). Unidad 4.- Geodinámica. Retrieved from http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_itop/113/pdfs/TEMA 9-3 geomorfologia.pdf
- UDU - Universidad de la República de Uruguay. (2014). Características generales de los océanos. Retrieved from http://meteo.fisica.edu.uy/Materias/oceanografia/teorico_oceanografia/cap1_2014.pdf
- UIProspector. (2018). Acetato de celulosa (CA) Propiedades típicas Generic CA. Retrieved July 10, 2018, from <https://plastics.ulprospector.com/es/generics/10/c/t/acetato-de-celulosa-ca-properties-processing>
- UNEP - United Nations Environment Programme. (n.d.). Marine. Retrieved June 23, 2018, from <http://web.unep.org/environmentassembly/marine>
- UNEP - United Nations Environment Programme. (2014). *Micro plastics*. Nairobi, Kenya. Retrieved from <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/10745/brochure-microplastics.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- UNEP - United Nations Environment Programme. (2016a). *Marine plastic debris and microplastics. Global lessons and research to inspire action and guide policy change*. Nairobi, Kenya. Retrieved from https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7720/-Marine_plastic_debris_and_microplastics_Global_lessons_and_research_to_inspire_action_and_guide_policy_change-2016Marine_Plastic_Debris_and_Micropla.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- UNEP - United Nations Environment Programme. (2016b). *Resolution 1/6: Marine plastic debris and microplastics*. Nairobi, Kenya. Retrieved from <http://www.cep.unep.org/meetings/documents/c81d1c3338941a0141d8ed995f174bc2>
- United Nations. (2015a). *Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015*. Nueva York, EE.UU. Retrieved from http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&referer=/english/&Lang=E
- United Nations. (2015b). The Sustainable Development Agenda. Retrieved July 7, 2018, from <https://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/>
- United Nations. (2015c). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Retrieved July 11, 2018, from <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>
- United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. (2017). Marine Pollution. Retrieved June 24, 2018, from <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/ioc-oceans/focus-areas/rio-20-ocean/blueprint-for-the-future-we-want/marine-pollution/>
- UNMP - Universidad Nacional del Mar de Plata. (2016). Las playas y su gestión sostenible. Retrieved January 28, 2018, from <https://eco.mdp.edu.ar/institucional/eco-enlaces/1851-las-playas-y-su-gestion-sostenible>

- US EPA. (2018). La importancia de la protección de las playas. Retrieved from <https://espanol.epa.gov/espanol/la-importancia-de-la-proteccion-de-las-playas>
- USF - University of South Florida. (2002). Unit Four. Deep-Sea Sediment Coring. Retrieved from <https://www.marine.usf.edu/pjocean/packets/sp02/sp02u4p2.pdf>
- Valdés, J. (2010). Sedimentos marinos. In J. Díaz-Naveas & J. Frutos (Eds.), *Geología marina de Chile* (1st ed., pp. 48–58). Valparaíso, Chile. Retrieved from http://www.cona.cl/publicaciones/geologia_marina/6.pdf
- Valdés, J., y Castillo, A. (2014). Evaluación de la calidad ambiental de los sedimentos marinos en el sistema de bahías de Caldera (27°S), Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 42(3), 497–513. <https://doi.org/10.3856/vol42-issue3-fulltext-10>
- Van Cauwenberghe, L., Devriese, L., Galgani, F., Robbins, J., y Janssen, C. R. (2015). Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects. *Marine Environmental Research*, 111, 5–17. <https://doi.org/10.1016/J.MARENVRES.2015.06.007>
- van der Hal, N., Ariel, A., y Angel, D. L. (2017). Exceptionally high abundances of microplastics in the oligotrophic Israeli Mediterranean coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 116(1–2), 151–155. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2016.12.052>
- Van Loo, S., y Koppejan, J. (Eds.). (2008). *The handbook of biomass combustion and co-firing*. Londres: Earthscan. Retrieved from https://books.google.com.mx/books/about/The_Handbook_of_Biomass_Combustion_and_C.html?id=KE565zmFumQC&redir_esc=y
- Vázquez-Morillas, A., Espinosa-Valdemar, R. M., Beltrán-Villavicencio, M., y Velasco-Pérez, M. (2014). El reciclaje de los plásticos. *Asociación Nacional Del Plástico*, (0047). Retrieved from <http://biblioteca.anipac.mx/biblioteca/reciclaje/medio-ambiente-reciclaje/el-reciclaje-de-los-plasticos>
- Vianello, A., Boldrin, A., Guerriero, P., Moschino, V., Rella, R., Sturaro, A., y Da Ros, L. (2013). Microplastic particles in sediments of Lagoon of Venice, Italy: First observations on occurrence, spatial patterns and identification. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 130, 54–61. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.03.022>
- VIP Holbox. (2015). Sobre Holbox. Retrieved November 21, 2018, from <http://www.vipholbox.com/es/2015/06/sobre-holbox/>
- Vlachogianni, T., Fortibuoni, T., Ronchi, F., Zeri, C., Mazziotti, C., Tutman, P., ... Scoullas, M. (2018). Marine litter on the beaches of the Adriatic and Ionian Seas: An assessment of their abundance, composition and sources. *Marine Pollution Bulletin*, 131, 745–756. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.006>
- Wang, F., Shih, K. M., y Li, X. Y. (2015). The partition behavior of perfluorooctanesulfonate (PFOS) and perfluorooctanesulfonamide (FOSA) on microplastics. *Chemosphere*, 119, 841–847. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.08.047>

- Wang, J., Tan, Z., Peng, J., Qiu, Q., y Li, M. (2016). The behaviors of microplastics in the marine environment. *Marine Environmental Research*, 113, 7–17.
<https://doi.org/10.1016/J.MARENRES.2015.10.014>
- Wang, W., y Wang, J. (2018a). Comparative evaluation of sorption kinetics and isotherms of pyrene onto microplastics. *Chemosphere*, 193, 567–573.
<https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2017.11.078>
- Wang, W., y Wang, J. (2018b). Different partition of polycyclic aromatic hydrocarbon on environmental particulates in freshwater: Microplastics in comparison to natural sediment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 147, 648–655. <https://doi.org/10.1016/J.ECOENV.2017.09.029>
- Wesch, C., Bredimus, K., Paulus, M., y Klein, R. (2016). Towards the suitable monitoring of ingestion of microplastics by marine biota: A review. *Environmental Pollution*, 218, 1200–1208.
<https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2016.08.076>
- Williams, A., y Micallef, A. (2009). *Beach Management: Principles & Practice* (Primera). Londres: Earthscan.
- World Ocean Review. (2010). Biodiversity. Retrieved June 23, 2018, from
<https://worldoceanreview.com/en/wor-1/marine-ecosystem/biodiversity/>
- Wright, S. L., Thompson, R. C., y Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*, 178, 483–492.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>
- Yepes, V. (2002). Ordenación y gestión del territorio turístico. Las playas. In *Ordenación y gestión del territorio turístico* (pp. 549–579). Valencia, España: Tirant lo Blanch. Retrieved from
https://www.researchgate.net/publication/285637564_Ordenacion_y_gestion_del_territorio_turistico_Las_playas
- Yepes, V. (2007). Gestión del uso y explotación de las playas. *Cuadernos de Turismo*, 1(19), 241–254. Retrieved from <https://revistas.um.es/turismo/article/view/13731/13261>
- Young, A. M., y Elliott, J. A. (2016). Characterization of microplastic and mesoplastic debris in sediments from Kamilo Beach and Kahuku Beach, Hawai'i. *Marine Pollution Bulletin*, 113(1–2), 477–482. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2016.11.009>
- Yu, X., Ladewig, S., Bao, S., Toline, C. A., Whitmire, S., y Chow, A. T. (2018). Occurrence and distribution of microplastics at selected coastal sites along the southeastern United States. *Science of The Total Environment*, 613–614, 298–305. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.09.100>
- Yu, X., Peng, J., Wang, J., Wang, K., y Bao, S. (2016). Occurrence of microplastics in the beach sand of the Chinese inner sea: the Bohai Sea. *Environmental Pollution*, 214, 722–730.
<https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2016.04.080>
- Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Ivar do Sul, J. A., Corcoran, P. L., Barnosky, A. D., Cearreta, A., ... Yonan, Y. (2016). The geological cycle of plastics and their use as a stratigraphic indicator of the

Anthropocene. *Anthropocene*, 13, 4–17. <https://doi.org/10.1016/J.ANCENE.2016.01.002>

Zhan, Z., Wang, J., Peng, J., Xie, Q., Huang, Y., y Gao, Y. (2016). Sorption of 3,3',4,4'-tetrachlorobiphenyl by microplastics: A case study of polypropylene. *Marine Pollution Bulletin*, 110(1), 559–563. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.05.036>

Zhang, Haibo, Zhou, Q., Xie, Z., Zhou, Y., Tu, C., Fu, C., ... Luo, Y. (2018). Occurrences of organophosphorus esters and phthalates in the microplastics from the coastal beaches in north China. *Science of The Total Environment*, 616–617, 1505–1512. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.10.163>

Zhang, Hua. (2017). Transport of microplastics in coastal seas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 199, 74–86. <https://doi.org/10.1016/J.ECSS.2017.09.032>

Zhao, S., Zhu, L., Wang, T., y Li, D. (2014). Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: First observations on occurrence, distribution. *Marine Pollution Bulletin*, 86(1–2), 562–568. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2014.06.032>

Zhou, Q., Zhang, H., Fu, C., Zhou, Y., Dai, Z., Li, Y., ... Luo, Y. (2018). The distribution and morphology of microplastics in coastal soils adjacent to the Bohai Sea and the Yellow Sea. *Geoderma*, 322, 201–208. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2018.02.015>

9 Anexos



Autor: Microplásticos en Ambientes Marinos®, 2018

En este aparato se muestran los anexos mencionados en el texto de la presente tesis.

Anexo 9.1 Ficha para la clasificación de residuos sólidos urbanos en ambientes marinos

Clase	Composición del material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	RLC	Número de piezas	Masa en base seca (g)
1	Plástico	PL01	Tapas de botellas o recipientes	RL01		
2	Plástico	PL02	Botellas <2 litros	RL02		
3	Plástico	PL03	Botellas, garrafones, recipientes >2 litros	RL03		
4	Plástico	PL04	Cuchillos, tenedores, cucharas, agitadores, palitos de paleta y popotes	RL26		
5	Plástico	PL05	Arillos y portadores de bebidas (six pack)	RL11		
6	Plástico	PL06	Contenedores de comida (comida rápida, tazas, vasos, platos similares)	RL09		
7	Plástico	PL07	Bolsas de plástico (opacas o transparentes)	RL15		
8	Plástico	PL08	Juguetes y artículos de fiesta	RL27		
9	Plástico	PL09	Guantes	RL25		
10	Plástico	PL10	Encendedores	RL20		
11	Plástico	PL11	Cigarros, colillas y filtros	RL19		
12	Plástico	PL12	Jeringas	RL18		
13	Plástico	PL13	Cestas, cajas y bandejas	RL06		
14	Plástico	PL14	Boyas de plástico	RL04		
15	Plástico	PL15	Mallas (vegetales, ostras o mejillones). Costales de rafia	RL25		
16	Plástico	PL16	Lonas, bolsas de plástico tejidas y playo	RL16		
17	Plástico	PL17	Artículos de pesca (señuelos, trampas y redes pasivas)	RL06		
18	Plástico	PL18	Línea de monofilamento	RL07		
19	Plástico	PL19	Cuerda	RL08		
Clase	Composición del material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	RLC	Número de piezas	Masa en base húmeda

						(g)
20	Plástico	PL20	Red de pescar	RL05		
21	Plástico	PL21	Fleje	RL17		
22	Plástico	PL22	Fragmentos de fibra de vidrio	RL23		
23	Plástico	PL23	Gránulos de resinas (Pellets)	RL23		
24	Plástico	PL24	Otros (especificar)	RL23		
25	Plástico espumado	FP01	Esponjas de espuma	RL13		
26	Plástico espumado	FP02	Vasos, charolas y contenedores de alimentos. Unicef.	RL09		
27	Plástico espumado	FP03	Boyas de espuma	RL04		
28	Plástico espumado	FP04	Espuma de aislamiento y embalaje	RL13		
29	Plástico espumado	FP05	Otros (especificar)	RL13		
30	Tela	CL01	Ropa, zapatos, sombreros y toallas	RL25		
31	Tela	CL02	Mochilas y bolsos	RL25		
32	Tela	CL03	Lienzo, lona y sacos	RL25		
33	Tela	CL04	Cuerda	RL08		
34	Tela	CL05	Alfombras y muebles	RL25		
35	Tela	CL06	Otras telas (incluyendo trapos)	RL25		
36	Vidrio y cerámica	GC01	Material de construcción (ladrillos, cemento, tubos)	RL23		
37	Vidrio y cerámica	GC02	Botellas y tarros	RL02		
38	Vidrio y cerámica	GC03	Vajilla (platos y tazas)	RL26		
39	Vidrio y cerámica	GC04	Foco	RL22		
40	Vidrio y cerámica	GC05	Lámparas de luz fluorescentes	RL21		
41	Vidrio y cerámica	GC06	Boyas de cristal	RL04		
42	Vidrio y cerámica	GC07	Fragmentos cerámicos o de vidrio	RL23		
43	Vidrio y cerámica	GC08	Otros (especificar)	RL23		
44	Metal	ME01	Vajilla (platos, vasos y cubiertos)	RL26		

Clase	Composición del material	Código del	Forma del residuo y ejemplos	RLC	Número de piezas	Masa en base
-------	--------------------------	------------	------------------------------	-----	------------------	--------------

		residuo				húmeda (g)
45	Metal	ME02	Tapas de botellas, tapas y anillas de aluminio	RL01		
46	Metal	ME03	Latas de bebida de aluminio	RL10		
47	Metal	ME04	Otras latas <4 l	RL10		
48	Metal	ME05	Tanques de gas, bidones y baldes >4 l	RL03		
49	Metal	ME06	Papel aluminio	RL09		
50	Metal	ME07	Artículos relacionados con la pesca (plomos, señuelos, anzuelos y trampas)	RL06		
51	Metal	ME08	Fragmentos	RL23		
52	Metal	ME09	Alambre, malla y alambre de púas	RL29		
53	Metal	ME10	Otros (especificar) incluir aparatos	RL23		
54	Papel y cartón	PC01	Papel (incluyendo periódicos y revistas)	RL14		
55	Papel y cartón	PC02	Cajas y fragmentos de cartón	RL14		
56	Papel y cartón	PC03	Tazas, bandejas de comida, envolturas de comida, cigarrillos	RL09		
57	Papel y cartón	PC04	Tubos para fuegos artificiales	RL27		
58	Papel y cartón	PC05	Otros (especificar)	RL23		
59	Caucho y látex	RB01	Balones, pelotas y juguetes	RL27		
60	Caucho y látex	RB02	Calzado (sandalias)	RL25		
61	Caucho y látex	RB03	Globos	RL25		
62	Caucho y látex	RB04	Llantas	RL28		
63	Caucho y látex	RB05	Salvavidas, cámaras de neumáticos y láminas de caucho	RL28		
64	Caucho y látex	RB06	Ligas, pulseras de caucho	RL23		
65	Caucho y látex	RB07	Condomes	RL18		
66	Caucho y látex	RB08	Otros (especificar)	RL23		
67	Madera	WD01	Cochos	RL23		
68	Madera	WD02	Trampas de pesca y macetas	RL06		
69	Madera	WD03	Palitos de helado, tenedores y palillos	RL12		
Clase	Composición del material	Código del	Forma del residuo y ejemplos	RLC	Número de piezas	Masa en base

		residuo				húmeda (g)
70	Madera	WD04	Madera procesada (tarimas y cajas)	RL24		
71	Madera	WD05	Cerillos y fuegos artificiales	RL12		
72	Madera	WD06	Otros (especificar)	RL23		
73	Otros	OT01	Parafina o cera	RL23		
74	Otros	OT02	Sanitarios (pañales, bastoncillos de algodón, aplicadores de tampones, cepillos de dientes, toallas sanitarias, curitas)	RL18		
75	Otros	OT03	Electrodomésticos y electrónica	RL23		
76	Otros	OT04	Baterías (tipo antorcha)	RL23		
77	Otros	OT05	Otros (especificar)	RL23		

NOTA: Sí en los residuos recolectados se tiene alguno que no está incluido en el listado, se debe agregar.

Anexo 9.2 Ficha de trabajo para la recolección de información de las playas

FICHA DE EVALUACIÓN DE PLAYAS

Nombre de la playa: _____

Localización: _____

Municipio: _____

Estado: _____

Fecha de evaluación: _____

Evaluador: _____

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
1. Urbanización	1. Tiendas de conveniencia (7eleven, Oxxo, Gomart)	No	Sí	
	2. Tráfico de vehículos en la arena	Sí	No	
	3. Malecones o andadores	No	Sí	
	4. Accesos a la playa	No	Sí	
	5. Estacionamientos	No	Sí	
	6. Transporte público	No	Sí	
	7. Accesos para discapacitados	No	Sí	
	8. Sanitarios	No	Sí	
	9. Vestidores	No	Sí	
	10. Regaderas	No	Sí	
	11. Restaurantes	No	Sí	
	12. Hoteles a las orillas de la playa	<ul style="list-style-type: none"> Ausencia: 0 puntos 1 a 2 pisos: 1 punto 3 a 5 pisos: 2 puntos Más de 5 pisos: 3 puntos 		() () () ()
	TOTAL			Máximo: 14 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
2. Conservación	1. Plagas	Si	No	
	2. Acciones de protección para la flora y fauna	No	Sí	
	3. Descarga de aguas residuales	Sí	No	
	4. Espuma de origen diferente al oleaje	Sí	No	
	5. Información sobre caracterización microbiológica del agua	No	Sí	
	6. Programa de playa limpia	No	Sí	
	7. Ruido en nivel intolerable	Si	No	
	8. Cubierta vegetal	<ul style="list-style-type: none"> • Desnudo (< 10%): 0 puntos • Matorrales y malezas: 1 punto • Especies mayores poco variadas: 2 puntos • Especies mayores muy variadas: 3 puntos 	() () () ()	
	9. Dunas ⁱ	<ul style="list-style-type: none"> • Ausentes: 0 puntos • Restos: 1 punto • Cresta de dunas, dunas delanteras: 2 puntos • Dunas secundarias o varios tipos de dunas: 3 puntos 	() () () ()	
	TOTAL			Máximo: 13 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		
		0	1	
3. Potencial recreativo	1. Comercio detallista	No	Sí	
	2. Vehículos motorizados sobre la playa	No	Sí	
	3. Salvavidas	No	Sí	
	4. Palapas, sillas, sombrillas	No	Sí	
	5. Vigilancia	No	Sí	
	6. Señalización	No	Sí	
	7. Sanitarios públicos	No	Sí	
	8. Surf	No	Sí	
	9. Deportes en la arena	No	Sí	
	10. Buceo libre	No	Sí	
	11. Bananas	No	Sí	
	12. Paseos a caballo	No	Sí	
	13. Pesca	No	Sí	
	14. Venta de alimentos	No	Sí	
	15. Camping	No	Sí	
	16. Visitantes	<ul style="list-style-type: none"> Ausencia: 0 puntos () Pocos visitantes: 1 punto () Demanda moderada: 2 puntos () Gran demanda, saturación: 3 puntos () 		
	TOTAL			Máximo: 18 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
4. Gestión de residuos	1. Señalización sobre residuos	No	Sí	
	2. Restos de residuos incinerados	Sí	No	
	3. Sólidos flotantes	Sí	No	
	4. Película de grasas, aceites o residuos derivados de petróleo sobre la superficie del agua	Sí	No	
	5. Programa educativo de recolección de residuos en el último año	No	Sí	
	6. Programa de manejo de residuos sólidos	No	Sí	
	7. Residuos peligrosos	Si	No	
	8. Pepena	No	Sí	
	9. Botes de almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> No existen: 0 puntos () En mal estado o insuficientes: 1 punto () En buen estado, suficientes: 2 puntos () En buen estado, suficientes y por categorías: 3 puntos () 		
	10. Limpieza de playa	<ul style="list-style-type: none"> No se realiza: 0 puntos () Esporádica, menos de 1 vez al mes: 1 punto () Más de 1 vez al mes: 2 puntos () Más de 1 vez a la semana: 3 puntos () 		
	11. Residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> Línea completa de residuos: 0 punto () Acumulaciones separadas: 1 punto () Pocos residuos dispersos: 2 puntos () 		

		<ul style="list-style-type: none"> Prácticamente ausente, ausencia total: 3 puntos 		
	12. Percepción de los usuarios	Se evaluará como el promedio obtenido a partir de la aplicación de encuestas, con un puntaje de 0 a 5		
	TOTAL			Máximo: 22 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
5. Contaminación	1. Descarga de aguas residuales	No	Sí	
	2. Residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> Línea completa de residuos: 3 puntos Acumulaciones separadas: 2 punto Pocos residuos dispersos: 1 puntos Prácticamente ausente, ausencia total: 0 puntos 	() () () ()	
	3. Manchas de residuos de petróleo en la arena	<ul style="list-style-type: none"> Manchas grandes continuas: 4 puntos Manchas pequeñas (< a 5 cm) continuas: 3 puntos Manchas grandes aisladas: 2 puntos Manchas pequeñas aisladas: 1 punto Prácticamente ausente, ausencia total: 0 puntos 	() () () () ()	
	TOTAL			Máximo: 8 puntos

ENCUESTA DE PERCEPCIÓN PARA EL USUARIOⁱⁱ

Edadⁱⁱⁱ _____ Género _____ Escolaridad máxima: _____

Estado de procedencia: _____ Número de visitas anuales a la playa: _____

Pregunta	Opciones	Puntaje	Observación
¿Qué hace con la basura que genera en la playa?	La entierra o la deja en el lugar	0	
	Se la lleva o la deposita en los contenedores	1	
¿Ha visto basura tirada en esta playa?	Sí	0	
	No	1	
¿Cómo evalúa esta playa en términos de limpieza?	Sucia	0	
	No lo sabe, intermedia	0.5	
	Limpia	1	
¿Ha visto indicaciones sobre cómo manejar la basura en esta playa?	No	0	
	Sí	1	
¿Ha identificado dónde se encuentra el bote de basura más cercano?	No	0	
	Si	1	
TOTAL			Máximo: 5 puntos
Preguntas que no se considerarán en el cálculo del indicador			
En esta playa ¿cuál de este tipo de basura ha encontrado en el agua o en la arena?			
() Orgánica () Plásticos () Metales () Papel y cartón () Vidrio () Otros: _____			
¿Considera que hay problemática ambiental por la presencia de plásticos en esta playa? () Si () No () No sabe			
¿Sabe qué son los microplásticos? () Si () No			
¿Sabe que efectos causan los microplásticos en los ambientes marinos? () Si () No			

Anexo 9.3 Evaluación de indicadores

En esta sección se muestran las fichas de indicadores evaluadas para cada una de las cinco playas del estudio. De igual manera se muestran los resultados de la encuesta de percepción del usuario, la cual fue aplicada a 15 turistas en cada playa. Los códigos empleados para la edad, escolaridad y género en las encuestas fueron los siguientes:

Edad		Género		Escolaridad	
Código	Intervalo de años	Código	Leyenda	Código	Leyenda
1	18-30	M	Masculino (hombre)	0	Sin estudios
2	31-40			1	Primaria
3	41-50	F	Femenino (mujer)	2	Secundaria
4	51-más			3	Preparatoria
				4	Licenciatura

Por otro lado, el criterio empleado para clasificar el tipo de visitante de acuerdo con el lugar de procedencia fue el tiempo que tiene que viajar en auto para llegar a la playa, como se muestra en la siguiente tabla:

Visitante	
Tipo	Intervalo de horas
Local	0-1 hora
Regional	1-3 horas
Nacional	>3 horas
Internacional	Otro país

Anexo 9.3.1 Ficha de La Barra de Sontecomapan (Sontecomapan, Catemaco Veracruz)

FICHA DE EVALUACIÓN DE PLAYAS

Nombre de la playa: La Barra de Sontecomapan Localización: 18°33.487' N, 094°59.607' O h= -10 m
Municipio: Catemaco Estado: Veracruz
Fecha de evaluación: 29 de abril de 2018 Evaluador: Arely Areanely Cruz Salas

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
1. Urbanización	1. Tiendas de conveniencia (7eleven, Oxxo, Gomart)	<u>No</u>	Sí	
	2. Tráfico de vehículos en la arena	Sí	<u>No</u>	
	3. Malecones o andadores	<u>No</u>	Sí	
	4. Accesos a la playa	No	<u>Sí</u>	Los 2 accesos principales están cerca de las escolleras, para el resto hay que bajar escaleras
	5. Estacionamientos	<u>No</u>	Sí	
	6. Transporte público	No	<u>Sí</u>	Camioneta y taxis que cobran caro (\$30.00) y no son constantes
	7. Accesos para discapacitados	<u>No</u>	Sí	
	8. Sanitarios	No	<u>Sí</u>	
	9. Vestidores	No	<u>Sí</u>	
	10. Regaderas	No	<u>Sí</u>	
	11. Restaurantes	No	<u>Sí</u>	
	12. Hoteles a las orillas de la playa	<ul style="list-style-type: none"> Ausencia: 0 puntos 1 a 2 pisos: 1 punto 3 a 5 pisos: 2 puntos Más de 5 pisos: 3 puntos 		<div>()</div> <div>(X)</div> <div>()</div> <div>()</div> <p>Sólo hay un hotel de 2 pisos sobre la playa. La planta baja se cuenta como 1 nivel.</p>
	TOTAL	8		Máximo: 14 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
2. Conservación	1. Plagas	Si	<u>No</u>	
	2. Acciones de protección para la flora y fauna	<u>No</u>	Sí	
	3. Descarga de aguas residuales	Sí	<u>No</u>	
	4. Espuma de origen diferente al oleaje	Sí	<u>No</u>	
	5. Información sobre caracterización microbiológica del agua	<u>No</u>	Sí	
	6. Programa de playa limpia	<u>No</u>	Sí	
	7. Ruido en nivel intolerable	Si	<u>No</u>	
	8. Cubierta vegetal	<ul style="list-style-type: none"> • Desnudo (< 10%): 0 puntos • Matorrales y malezas: 1 punto • Especies mayores poco variadas: 2 puntos • Especies mayores muy variadas: 3 puntos 		() (X) () ()
	9. Dunas ^{iv}	<ul style="list-style-type: none"> • Ausentes: 0 puntos • Restos: 1 punto • Cresta de dunas, dunas delanteras: 2 puntos • Dunas secundarias o varios tipos de dunas: 3 puntos 		() () () (X)
	TOTAL	8		Máximo: 13 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		
		0	1	
3. Potencial recreativo	1. Comercio detallista	<u>No</u>	Sí	
	2. Vehículos motorizados sobre la playa	<u>No</u>	Sí	
	3. Salvavidas	<u>No</u>	Sí	
	4. Palapas, sillas, sombrillas	No	<u>Sí</u>	
	5. Vigilancia	<u>No</u>	Sí	
	6. Señalización	<u>No</u>	Sí	
	7. Sanitarios públicos	<u>No</u>	Sí	
	8. Surf	<u>No</u>	Sí	
	9. Deportes en la arena	<u>No</u>	Sí	
	10. Buceo libre	<u>No</u>	Sí	
	11. Bananas	<u>No</u>	Sí	
	12. Paseos a caballo	<u>No</u>	Sí	
	13. Pesca	<u>No</u>	Sí	
	14. Venta de alimentos	No	<u>Sí</u>	
	15. Camping	<u>No</u>	Sí	
	16. Visitantes	<ul style="list-style-type: none"> Ausencia: 0 puntos () Pocos visitantes: 1 punto () Demanda moderada: 2 puntos (X) Gran demanda, saturación: 3 puntos () 		
TOTAL		4		Máximo: 18 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
4. Gestión de residuos	1. Señalización sobre residuos	<u>No</u>	Sí	
	2. Restos de residuos incinerados	<u>Sí</u>	No	
	3. Sólidos flotantes	Sí	<u>No</u>	
	4. Película de grasas, aceites o residuos derivados de petróleo sobre la superficie del agua	Sí	<u>No</u>	
	5. Programa educativo de recolección de residuos en el último año	<u>No</u>	Sí	
	6. Programa de manejo de residuos sólidos	<u>No</u>	Sí	
	7. Residuos peligrosos	<u>Sí</u>	No	
	8. Pepena	<u>No</u>	Sí	
	9. Botes de almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> No existen: 0 puntos En mal estado o insuficientes: 1 punto En buen estado, suficientes: 2 puntos En buen estado, suficientes y por categorías: 3 puntos 		(X) () () ()
	10. Limpieza de playa	<ul style="list-style-type: none"> No se realiza: 0 puntos Esporádica, menos de 1 vez al mes: 1 punto Más de 1 vez al mes: 2 puntos Más de 1 vez a la semana: 3 puntos 		() (X) () ()
	11. Residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> Línea completa de residuos: 0 punto Acumulaciones separadas: 1 punto Pocos residuos dispersos: 2 puntos 		(X) () () ()

La mayoría son orgánicos (hojas, fibras orgánicas de color blanco y palitos de madera). En menor proporción se encuentran los inorgánicos como fragmentos de plásticos y bolsas

		<ul style="list-style-type: none"> • Prácticamente ausente, ausencia total: 3 puntos 		
	12. Percepción de los usuarios	Se evaluará como el promedio obtenido a partir de la aplicación de encuestas, con un puntaje de 0 a 5	2.23	
	TOTAL	5.23		Máximo: 22 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
5. Contaminación	1. Descarga de aguas residuales	<u>No</u>	Sí	
	2. Residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> • Línea completa de residuos: 3 puntos • Acumulaciones separadas: 2 punto • Pocos residuos dispersos: 1 puntos • Prácticamente ausente, ausencia total: 0 puntos 	(X) () () ()	
	3. Manchas de residuos de petróleo en la arena	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas grandes continuas: 4 puntos • Manchas pequeñas (< a 5 cm) continuas: 3 puntos • Manchas grandes aisladas: 2 puntos • Manchas pequeñas aisladas: 1 punto • Prácticamente ausente, ausencia total: 0 puntos 	(X) () () () ()	
	TOTAL	7		Máximo: 8 puntos

RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

Encuesta No.	Edad	Género	Escolaridad máxima	Número de visitas anuales a la playa	Tipo de visitante	Preguntas para el cálculo de la percepción del usuario					
						¿Qué hace con la basura que genera en la playa?	¿Ha visto basura tirada en esta playa?	¿Cómo evalúa esta playa en términos de limpieza?	¿Ha visto indicaciones sobre cómo manejar la basura en esta playa?	¿Ha identificado dónde se encuentra el bote de basura más cercano?	Puntaje total por encuesta (Máximo 5 puntos)
1	2	F	4	1	Nacional	1	0	0.5	0	0	1.5
2	4	F	4	1	Nacional	1	0	0.5	0	0	1.5
3	4	F	4	1	Nacional	1	0	1	0	0	2
4	1	M	3	5	Nacional	1	0	1	0	0	2
5	1	M	3	1	Nacional	1	0	0.5	0	0	1.5
6	2	F	4	2	Regional	1	1	1	0	0	3
7	4	M	3	2	Nacional	1	0	1	0	0	2
8	1	F	3	2	Nacional	1	1	1	0	0	3
9	4	F	3	1	Nacional	1	1	1	0	0	3
10	1	M	4	2	Nacional	1	0	0.5	0	0	1.5
11	4	F	2	1	Nacional	1	1	1	0	0	3
12	4	F	2	4	Nacional	1	1	1	0	0	3
13	4	M	1	1	Nacional	1	1	1	0	0	3
14	4	M	3	1	Nacional	1	0	1	0	0	2
15	2	F	4	5	Regional	1	0	0.5	0	0	1.52
Promedio de la percepción del usuario						1.0	0.40	0.83	0.0	0.0	2.23

Preguntas adicionales													
En esta playa ¿Cuál de este tipo de basura ha encontrado en el agua o en la arena?							¿Considera que hay una problemática ambiental por la generación de plásticos en esta playa?			¿Sabe qué son los microplásticos?		¿Sabe los efectos que causan los MP en ambientes marinos?	
Orgánica	Plásticos	Metales	Papel y cartón	Vidrio	Ninguno	Otros	Sí	No	No sabe	Sí	No	Sí	No
	X			X			X				X		X
X								X			X		X
	X							X			X		X
X								X			X		X
	X						X				X		X
					X			X			X		X
	X						X				X		X
					X			X			X		X
					X			X			X		X
	X		X					X			X		X
					X			X			X		X
					X			X			X		X
					X			X			X		X
	X						X				X		X
	X						X				X		X
2	7	0	1	1	6	0	5	10	0	0	15	0	15

Anexo 9.3.2 Ficha de Playa Grande (Holbox, Lázaro Cárdenas Quintana Roo)

FICHA DE EVALUACIÓN DE PLAYAS

Nombre de la playa: Holbox Localización: 21°31.604' N, 087°22.653' O h= 9 m
Municipio: Lázaro Cárdenas Estado: Quintana Roo
Fecha de evaluación: 18 de mayo de 2018 Evaluador: Arely Areanely Cruz Salas

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
1. Urbanización	1. Tiendas de conveniencia (7eleven, Oxxo, Gomart)	<u>No</u>	Sí	
	2. Tráfico de vehículos en la arena	<u>Sí</u>	No	
	3. Malecones o andadores	No	<u>Sí</u>	
	4. Accesos a la playa	No	<u>Sí</u>	
	5. Estacionamientos	<u>No</u>	Sí	
	6. Transporte público	No	<u>Sí</u>	Carritos de golf y cuatrimotos
	7. Accesos para discapacitados	<u>No</u>	Sí	
	8. Sanitarios	No	<u>Sí</u>	Sólo en restaurantes
	9. Vestidores	No	<u>Sí</u>	
	10. Regaderas	No	<u>Sí</u>	
	11. Restaurantes	No	<u>Sí</u>	
	12. Hoteles a las orillas de la playa	<ul style="list-style-type: none"> Ausencia: 0 puntos () 1 a 2 pisos: 1 punto () 3 a 5 pisos: 2 puntos (X) Más de 5 pisos: 3 puntos () 		
	TOTAL	9		Máximo: 14 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
2. Conservación	1. Plagas	<u>Si</u>	No	
	2. Acciones de protección para la flora y fauna	No	<u>Sí</u>	
	3. Descarga de aguas residuales	Sí	<u>No</u>	
	4. Espuma de origen diferente al oleaje	Sí	<u>No</u>	
	5. Información sobre caracterización microbiológica del agua	<u>No</u>	Sí	
	6. Programa de playa limpia	<u>No</u>	Sí	
	7. Ruido en nivel intolerable	Si	<u>No</u>	
	8. Cubierta vegetal	<ul style="list-style-type: none"> • Desnudo (< 10%): 0 puntos • Matorrales y malezas: 1 punto • Especies mayores poco variadas: 2 puntos • Especies mayores muy variadas: 3 puntos 		(X) () () ()
	9. Dunas ^v	<ul style="list-style-type: none"> • Ausentes: 0 puntos • Restos: 1 punto • Cresta de dunas, dunas delanteras: 2 puntos • Dunas secundarias o varios tipos de dunas: 3 puntos 		(X) () () ()
	TOTAL	4		Máximo: 13 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		
		0	1	
3. Potencial recreativo	1. Comercio detallista	No	<u>Sí</u>	
	2. Vehículos motorizados sobre la playa	No	<u>Sí</u>	
	3. Salvavidas	No	<u>Sí</u>	
	4. Palapas, sillas, sombrillas	No	<u>Sí</u>	Son variadas y dependen de cada hotel
	5. Vigilancia	<u>No</u>	Sí	
	6. Señalización	No	<u>Sí</u>	
	7. Sanitarios públicos	<u>No</u>	Sí	
	8. Surf	<u>No</u>	Sí	
	9. Deportes en la arena	No	<u>Sí</u>	
	10. Buceo libre	<u>No</u>	Sí	
	11. Bananas	<u>No</u>	Sí	
	12. Paseos a caballo	No	<u>Sí</u>	
	13. Pesca	No	<u>Sí</u>	
	14. Venta de alimentos	No	<u>Sí</u>	
	15. Camping	<u>No</u>	Sí	
	16. Visitantes	<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia: 0 puntos • Pocos visitantes: 1 punto • Demanda moderada: 2 puntos • Gran demanda, saturación: 3 puntos 		() () (X) ()
TOTAL		11		Máximo: 18 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
4. Gestión de residuos	1. Señalización sobre residuos	<u>No</u>	Sí	
	2. Restos de residuos incinerados	Sí	<u>No</u>	
	3. Sólidos flotantes	<u>Sí</u>	No	
	4. Película de grasas, aceites o residuos derivados de petróleo sobre la superficie del agua	Sí	<u>No</u>	
	5. Programa educativo de recolección de residuos en el último año	<u>No</u>	Sí	
	6. Programa de manejo de residuos sólidos	No	<u>Sí</u>	Depende de cada hotel
	7. Residuos peligrosos	Si	<u>No</u>	
	8. Pepena	<u>No</u>	Sí	
	9. Botes de almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> No existen: 0 puntos () En mal estado o insuficientes: 1 punto (X) En buen estado, suficientes: 2 puntos () En buen estado, suficientes y por categorías: 3 puntos () 		
	10. Limpieza de playa	<ul style="list-style-type: none"> No se realiza: 0 puntos () Esporádica, menos de 1 vez al mes: 1 punto () Más de 1 vez al mes: 2 puntos () Más de 1 vez a la semana: 3 puntos (X) 		La hacen los hoteles
	11. Residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> Línea completa de residuos: 0 punto () Acumulaciones separadas: 1 punto () Pocos residuos dispersos: 2 puntos (X) Prácticamente ausente, ausencia total: 3 puntos () 		
	12. Percepción de los usuarios	Se evaluará como el promedio obtenido a partir de la aplicación de encuestas, con un puntaje de 0 a 5		3.33
TOTAL		13.33		Máximo: 22 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
5. Contaminación	1. Descarga de aguas residuales	<u>No</u>	Sí	
	2. Residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> • Línea completa de residuos: 3 puntos • Acumulaciones separadas: 2 punto • Pocos residuos dispersos: 1 punto • Prácticamente ausente, ausencia total: 0 puntos 	() () (X) ()	
	3. Manchas de residuos de petróleo en la arena	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas grandes continuas: 4 puntos • Manchas pequeñas (< a 5 cm) continuas: 3 puntos • Manchas grandes aisladas: 2 puntos • Manchas pequeñas aisladas: 1 punto • Prácticamente ausente, ausencia total: 0 puntos 	() () () () (X)	
	TOTAL	1		Máximo: 8 puntos

RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

Encuesta No.	Edad	Género	Escolaridad máxima	Número de visitas anuales a la playa	Tipo de visitante	Preguntas para el cálculo de la percepción del usuario					
						¿Qué hace con la basura que genera en la playa?	¿Ha visto basura tirada en esta playa?	¿Cómo evalúa esta playa en términos de limpieza?	¿Ha visto indicaciones sobre cómo manejar la basura en esta playa?	¿Ha identificado dónde se encuentra el bote de basura más cercano?	Puntaje total por encuesta (Máximo 5 puntos)
1	2	F	4	4	Internacional	1	1	1	0	0	3
2	3	F	4	4	Local	1	0	0.5	0	0	1.5
3	2	M	4	4	Internacional	1	1	1	0	0	3
4	1	M	3	4	Internacional	1	1	1	1	1	5
5	1	M	3	4	Nacional	1	1	1	0	0	3
6	1	F	4	4	Internacional	1	0	1	1	0	3
7	2	F	3	3	Nacional	1	1	1	1	0	4
8	1	F	3	5	Internacional	1	1	1	1	1	5
9	2	F	3	2	Internacional	1	1	1	1	0	4
10	2	F	4	4	Internacional	1	0	1	0	0	2
11	2	F	2	4	Nacional	1	1	1	0	0	3
12	2	M	2	4	Nacional	1	1	1	0	0	3
13	4	M	1	4	Internacional	1	1	1	1	0	4
14	3	M	3	4	Internacional	1	0	0,5	1	0	2.5
15	1	F	4	4	Internacional	1	1	1	0	1	4
Promedio de la percepción del usuario						1.0	0.73	0.93	0.47	0.2	3.33

Preguntas adicionales													
En esta playa ¿Cuál de este tipo de basura ha encontrado en el agua o en la arena?							¿Considera que hay una problemática ambiental por la generación de plásticos en esta playa?			¿Sabe qué son los microplásticos?		¿Sabe los efectos que causan los MP en ambientes marinos?	
Orgánica	Plásticos	Metales	Papel y cartón	Vidrio	Ninguno	Otros	Sí	No	No sabe	Sí	No	Sí	No
					X			X			X		X
	X						X			X			X
	X							X			X		X
0					X			X			X		X
					X			X			X		X
	X							X			X		X
						X		X			X		X
	X							X			X		X
						X		X			X		X
	X	X						X		X			X
					X			X			X		X
					X			X			X		X
	X							X		X		X	
	X						X			X		X	
	X							X			X		X
0	8	1	0	0	5	2	2	13	0	4	11	2	13

Anexo 9.3.3 Ficha de Zipolite (Zipolite, San Pedro Pochutla Oaxaca)

FICHA DE EVALUACIÓN DE PLAYAS

Nombre de la playa: Zipolite

Localización: 15°39.782' N, 096°31.063' O h= 9 m

Municipio: San Pedro Pochutla

Estado: Oaxaca

Fecha de evaluación: 07 de octubre de 2018

Evaluador: Arely Areanely Cruz Salas

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
1. Urbanización	1. Tiendas de conveniencia (7eleven, Oxxo, Gomart)	<u>No</u>	Sí	
	2. Tráfico de vehículos en la arena	<u>Sí</u>	No	Motos de salvavidas
	3. Malecones o andadores	No	<u>Sí</u>	
	4. Accesos a la playa	No	<u>Sí</u>	
	5. Estacionamientos	<u>No</u>	Sí	
	6. Transporte público	No	<u>Sí</u>	Taxis y camionetas pasajeras
	7. Accesos para discapacitados	No	<u>Sí</u>	Hay rampas en los accesos principales
	8. Sanitarios	No	<u>Sí</u>	
	9. Vestidores	No	<u>Sí</u>	
	10. Regaderas	No	<u>Sí</u>	
	11. Restaurantes	No	<u>Sí</u>	
	12. Hoteles a las orillas de la playa	<ul style="list-style-type: none"> Ausencia: 0 puntos 1 a 2 pisos: 1 punto 3 a 5 pisos: 2 puntos Más de 5 pisos: 3 puntos 		() () (X) ()
	TOTAL	10		Máximo: 14 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
2. Conservación	1. Plagas	Si	<u>No</u>	
	2. Acciones de protección para la flora y fauna	<u>No</u>	Sí	
	3. Descarga de aguas residuales	Sí	<u>No</u>	
	4. Espuma de origen diferente al oleaje	Sí	<u>No</u>	
	5. Información sobre caracterización microbiológica del agua	<u>No</u>	Sí	
	6. Programa de playa limpia	<u>No</u>	Sí	
	7. Ruido en nivel intolerable	Si	<u>No</u>	
	8. Cubierta vegetal	<ul style="list-style-type: none"> • Desnudo (< 10%): 0 puntos • Matorrales y malezas: 1 punto • Especies mayores poco variadas: 2 puntos • Especies mayores muy variadas: 3 puntos 		(X) () () ()
	9. Dunas ^{vi}	<ul style="list-style-type: none"> • Ausentes: 0 puntos • Restos: 1 punto • Cresta de dunas, dunas delanteras: 2 puntos • Dunas secundarias o varios tipos de dunas: 3 puntos 		(X) () () ()
	TOTAL	4		Máximo: 13 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		
		0	1	
3. Potencial recreativo	1. Comercio detallista	No	<u>Sí</u>	
	2. Vehículos motorizados sobre la playa	No	<u>Sí</u>	Sólo las motocicletas de los salvavidas
	3. Salvavidas	No	<u>Sí</u>	
	4. Palapas, sillas, sombrillas	No	<u>Sí</u>	
	5. Vigilancia	No	<u>Sí</u>	Sólo en las noches
	6. Señalización	No	<u>Sí</u>	
	7. Sanitarios públicos	<u>No</u>	Sí	
	8. Surf	No	<u>Sí</u>	
	9. Deportes en la arena	<u>No</u>	Sí	
	10. Buceo libre	<u>No</u>	Sí	
	11. Bananas	<u>No</u>	Sí	
	12. Paseos a caballo	<u>No</u>	Sí	
	13. Pesca	<u>No</u>	Sí	
	14. Venta de alimentos	No	<u>Sí</u>	
	15. Camping	No	<u>Sí</u>	
	16. Visitantes	<ul style="list-style-type: none"> Ausencia: 0 puntos () Pocos visitantes: 1 punto (X) Demanda moderada: 2 puntos () Gran demanda, saturación: 3 puntos () 		
TOTAL		10		Máximo: 18 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
4. Gestión de residuos	1. Señalización sobre residuos	<u>No</u>	Sí	
	2. Restos de residuos incinerados	<u>Sí</u>	No	
	3. Sólidos flotantes	Sí	<u>No</u>	
	4. Película de grasas, aceites o residuos derivados de petróleo sobre la superficie del agua	Sí	<u>No</u>	
	5. Programa educativo de recolección de residuos en el último año	<u>No</u>	Sí	En ocasiones los salvavidas se organizan y recolectan los residuos
	6. Programa de manejo de residuos sólidos	<u>No</u>	Sí	
	7. Residuos peligrosos	Si	<u>No</u>	
	8. Pepena	<u>No</u>	Sí	
	9. Botes de almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> No existen: 0 puntos En mal estado o insuficientes: 1 punto En buen estado, suficientes: 2 puntos En buen estado, suficientes y por categorías: 3 puntos 	() (X) () ()	Sólo hay un bote en un uno de los accesos, pero a orilla de la playa no se encuentra instalado ninguno
	10. Limpieza de playa	<ul style="list-style-type: none"> No se realiza: 0 puntos Esporádica, menos de 1 vez al mes: 1 punto Más de 1 vez al mes: 2 puntos Más de 1 vez a la semana: 3 puntos 	() () () (X)	La limpieza normalmente la realizan los dueños de los negocios
	11. Residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> Línea completa de residuos: 0 punto Acumulaciones separadas: 1 punto Pocos residuos dispersos: 2 	() ()	

		puntos • Prácticamente ausente, ausencia total: 3 puntos	(X) ()	
	12. Percepción de los usuarios	Se evaluará como el promedio obtenido a partir de la aplicación de encuestas, con un puntaje de 0 a 5	2.66	
	TOTAL	11.66		Máximo: 22 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
	1. Descarga de aguas residuales	No	Sí	
5. Contaminación	2. Residuos sólidos	• Línea completa de residuos: 3 puntos • Acumulaciones separadas: 2 punto • Pocos residuos dispersos: 1 puntos • Prácticamente ausente, ausencia total: 0 puntos	() () (X) ()	
	3. Manchas de residuos de petróleo en la arena	• Manchas grandes continuas: 4 puntos • Manchas pequeñas (< a 5 cm) continuas: 3 puntos • Manchas grandes aisladas: 2 puntos • Manchas pequeñas aisladas: 1 punto • Prácticamente ausente, ausencia total: 0 puntos	() () () () (X)	
	TOTAL	1		Máximo: 8 puntos

RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

Encuesta No.	Edad	Género	Escolaridad máxima	Número de visitas anuales a la playa	Tipo de visitante	Preguntas para el cálculo de la percepción del usuario					
						¿Qué hace con la basura que genera en la playa?	¿Ha visto basura tirada en esta playa?	¿Cómo evalúa esta playa en términos de limpieza?	¿Ha visto indicaciones sobre cómo manejar la basura en esta playa?	¿Ha identificado dónde se encuentra el bote de basura más cercano?	Puntaje total por encuesta (Máximo 5 puntos)
1	1	F	3	1	Nacional	1	1	0.5	1	0	3.5
2	4	F	4	4	Internacional	1	0	1	1	0	3
3	1	F	4	3	Nacional	1	0	0.5	0	0	1.5
4	1	F	4	365	Local	1	0	0.5	0	0	1.5
5	2	M	5	3	Nacional	1	0	1	1	0	3
6	4	F	3	156	Regional	1	1	0	0	0	2
7	2	M	4	2	N.E.	1	0	0.5	0	1	2.5
8	4	M	4	12	Nacional	1	0	1	1	0	3
9	1	F	4	N.E.	N.E.	1	1	0.5	0	0	2.5
10	1	F	N.E.	30	Internacional	1	0	1	1	1	4
11	1	M	5	1	Nacional	1	1	1	1	0	4
12	1	M	3	1	Nacional	1	0	1	0	0	2
13	2	M	2	10	Nacional	1	1	1	0	0	3
14	4	F	4	365	Internacional	1	1	1	0	0	3
15	2	F	4	3	Nacional	1	0	0.5	0	0	1.5
Promedio de la percepción del usuario						1.0	0.40	0.73	0.40	0.13	2.66

Preguntas adicionales													
En esta playa ¿Cuál de este tipo de basura ha encontrado en el agua o en la arena?							¿Considera que hay una problemática ambiental por la generación de plásticos en esta playa?			¿Sabe qué son los microplásticos?		¿Sabe los efectos que causan los MP en ambientes marinos?	
Orgánica	Plásticos	Metales	Papel y cartón	Vidrio	Ninguno	Otros	Sí	No	No sabe	Sí	No	Sí	No
X	X						X				X		X
X	X	X	X	X				X		X		X	
X	X							X		X		X	
X	X			X				X			X		X
	X			X					X	X		X	
X	X	X		X		X	X				X		X
	X			X			X			X			X
			X				X			X		X	
			X	X					X	X		X	
	X		X				X			X		X	
	X		X				X				X		X
	X						X				X		X
	X							X			X		X
	X			X			X			X		X	
	X			X				X		X		X	
5	13	2	5	8	0	1	8	5	2	9	6	8	7

Anexo 9.3.4 Ficha de San Agustinillo (San Agustinillo, Santa María Tonameca, Oaxaca)

FICHA DE EVALUACIÓN DE PLAYAS

Nombre de la playa: San Agustinillo

Localización: 15°39.925' N, 096°32.615' O h= 7 m

Municipio: Santa María Tonameca

Estado: Oaxaca

Fecha de evaluación: 14 de octubre de 2018

Evaluador: Arely Areanely Cruz Salas

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
1. Urbanización	1. Tiendas de conveniencia (7eleven, Oxxo, Gomart)	<u>No</u>	Sí	
	2. Tráfico de vehículos en la arena	Sí	<u>No</u>	
	3. Malecones o andadores	<u>No</u>	Sí	
	4. Accesos a la playa	No	<u>Sí</u>	Sólo escaleras, no hay accesos para coches
	5. Estacionamientos	<u>No</u>	Sí	
	6. Transporte público	No	<u>Sí</u>	Taxis y camionetas pasajeras
	7. Accesos para discapacitados	<u>No</u>	Sí	
	8. Sanitarios	No	<u>Sí</u>	
	9. Vestidores	No	<u>Sí</u>	
	10. Regaderas	No	<u>Sí</u>	
	11. Restaurantes	No	<u>Sí</u>	
	12. Hoteles a las orillas de la playa	<ul style="list-style-type: none"> Ausencia: 0 puntos () 1 a 2 pisos: 1 punto () 3 a 5 pisos: 2 puntos (X) Más de 5 pisos: 3 puntos () 		Hay tres hoteles grandes, los demás son cuartos de renta, cabañas o camping
	TOTAL	9		Máximo: 14 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
2. Conservación	1. Plagas	Si	<u>No</u>	
	2. Acciones de protección para la flora y fauna	<u>No</u>	Sí	
	3. Descarga de aguas residuales	Sí	<u>No</u>	
	4. Espuma de origen diferente al oleaje	Sí	<u>No</u>	
	5. Información sobre caracterización microbiológica del agua	<u>No</u>	Sí	
	6. Programa de playa limpia	<u>No</u>	Sí	
	7. Ruido en nivel intolerable	Si	<u>No</u>	
	8. Cubierta vegetal	<ul style="list-style-type: none"> • Desnudo (< 10%): 0 puntos • Matorrales y malezas: 1 punto • Especies mayores poco variadas: 2 puntos • Especies mayores muy variadas: 3 puntos 		() (X) () ()
	9. Dunas ^{vii}	<ul style="list-style-type: none"> • Ausentes: 0 puntos • Restos: 1 punto • Cresta de dunas, dunas delanteras: 2 puntos • Dunas secundarias o varios tipos de dunas: 3 puntos 		() () () (X)
	TOTAL	8		Máximo: 13 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		
		0	1	
3. Potencial recreativo	1. Comercio detallista	<u>No</u>	Sí	
	2. Vehículos motorizados sobre la playa	<u>No</u>	Sí	
	3. Salvavidas	No	<u>Sí</u>	
	17. Palapas, sillas, sombrillas	No	<u>Sí</u>	
	18. Vigilancia	<u>No</u>	Sí	
	19. Señalización	No	<u>Sí</u>	Donde se encuentran los salvavidas y donde no se puede nadar
	20. Sanitarios públicos	<u>No</u>	Sí	
	21. Surf	No	<u>Sí</u>	
	22. Deportes en la arena	<u>No</u>	Sí	
	23. Buceo libre	No	<u>Sí</u>	
	24. Bananas	<u>No</u>	Sí	
	25. Paseos a caballo	<u>No</u>	Sí	
	26. Pesca	No	<u>Sí</u>	
	27. Venta de alimentos	No	<u>Sí</u>	
	28. Camping	<u>No</u>	Sí	
	29. Visitantes	<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia: 0 puntos () • Pocos visitantes: 1 punto (X) • Demanda moderada: 2 puntos () • Gran demanda, saturación: 3 puntos () 		
	TOTAL	8		Máximo: 18 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
4. Gestión de residuos	1. Señalización sobre residuos	<u>No</u>	Sí	
	2. Restos de residuos incinerados	Sí	<u>No</u>	
	3. Sólidos flotantes	Sí	<u>No</u>	
	4. Película de grasas, aceites o residuos derivados de petróleo sobre la superficie del agua	Sí	<u>No</u>	
	5. Programa educativo de recolección de residuos en el último año	<u>No</u>	Sí	En ocasiones una escuela de yoga realiza la recolección de residuos de la playa
	6. Programa de manejo de residuos sólidos	<u>No</u>	Sí	
	7. Residuos peligrosos	Si	<u>No</u>	
	8. Pepena	<u>No</u>	Sí	
	9. Botes de almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> No existen: 0 puntos (X) En mal estado o insuficientes: 1 punto () En buen estado, suficientes: 2 puntos () En buen estado, suficientes y por categorías: 3 puntos () 		
	10. Limpieza de playa	<ul style="list-style-type: none"> No se realiza: 0 puntos () Esporádica, menos de 1 vez al mes: 1 punto (X) Más de 1 vez al mes: 2 puntos () Más de 1 vez a la semana: 3 puntos () 		La limpieza la realizan los dueños de los negocios
	11. Residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> Línea completa de residuos: 0 punto (X) Acumulaciones separadas: 1 punto () Pocos residuos dispersos: 2 		

		puntos • Prácticamente ausente, ausencia total: 3 puntos	() ()	
	12. Percepción de los usuarios	Se evaluará como el promedio obtenido a partir de la aplicación de encuestas, con un puntaje de 0 a 5	2.30	
	TOTAL	7.30		Máximo: 22 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
5. Contaminación	1. Descarga de aguas residuales	<u>No</u>	Sí	
	2. Residuos sólidos	• Línea completa de residuos: 3 puntos • Acumulaciones separadas: 2 punto • Pocos residuos dispersos: 1 puntos • Prácticamente ausente, ausencia total: 0 puntos	(X) () () ()	
	3. Manchas de residuos de petróleo en la arena	• Manchas grandes continuas: 4 puntos • Manchas pequeñas (< a 5 cm) continuas: 3 puntos • Manchas grandes aisladas: 2 puntos • Manchas pequeñas aisladas: 1 punto • Prácticamente ausente, ausencia total: 0 puntos	() () () () (X)	
	TOTAL	3		Máximo: 8 puntos

RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

Encuesta No.	Edad	Género	Escolaridad máxima	Número de visitas anuales a la playa	Tipo de visitante	Preguntas para el cálculo de la percepción del usuario					
						¿Qué hace con la basura que genera en la playa?	¿Ha visto basura tirada en esta playa?	¿Cómo evalúa esta playa en términos de limpieza?	¿Ha visto indicaciones sobre cómo manejar la basura en esta playa?	¿Ha identificado dónde se encuentra el bote de basura más cercano?	Puntaje total por encuesta (Máximo 5 puntos)
1	1	M	4	2	Nacional	1	1	1	0	0	3
2	2	F	5	1	Nacional	1	0	0	0	0	1
3	4	F	4	1	Nacional	1	0	0.5	0	0	1.5
4	2	F	4	104	Internacional	1	1	1	0	0	3
5	2	F	4	1	Internacional	1	0	1	0	0	2
6	2	M	4	200	Internacional	1	0	1	0	0	2
7	1	M	5	50	Nacional	1	1	1	0	0	3
8	3	F	4	3	Nacional	1	0	0.5	0	0	1.5
9	2	M	4	3	Nacional	1	1	1	0	0	3
10	4	F	4	1	Nacional	1	0	1	0	0	2
11	4	M	4	2	Internacional	1	0	1	0	0	2
12	1	M	4	5	Nacional	1	0	0.5	0	0	1.5
13	1	F	4	1	Nacional	1	1	1	0	0	3
14	1	M	2	7	Internacional	1	1	1	0	0	3
15	2	F	4	2	Nacional	1	1	1	0	0	3
Promedio de la percepción del usuario						1.0	0.47	0.83	0.00	0	2.3

Preguntas adicionales													
En esta playa ¿Cuál de este tipo de basura ha encontrado en el agua o en la arena?							¿Considera que hay una problemática ambiental por la generación de plásticos en esta playa?			¿Sabe qué son los microplásticos?		¿Sabe los efectos que causan los MP en ambientes marinos?	
Orgánica	Plásticos	Metales	Papel y cartón	Vidrio	Ninguno	Otros	Sí	No	No sabe	Sí	No	Sí	No
					X			X			X		X
						X	X				X		X
						X		X			X		X
					X			X		X			X
	X							X			X		X
	X							X		X			X
					X			X			X		X
	X								X		X		X
					X			X			X		X
	X						X			X		X	
						X			X	X		X	
	X							X			X		X
	X								X		X		X
						X		X			X		X
						X		X			X		X
0	6	0	0	0	4	5	2	10	3	4	11	2	13

Anexo 9.3.5 Ficha de La Misión (La Misión, Playas de Rosarito Baja California)

FICHA DE EVALUACIÓN DE PLAYAS

Nombre de la playa: La Misión

Localización: 32°05.687' N, 116°52.990' O h= -105 m

Municipio: Playas de Rosarito

Estado: Baja California

Fecha de evaluación: 09 de diciembre de 2018

Evaluador: Arely Areanely Cruz Salas

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
1. Urbanización	13. Tiendas de conveniencia (7eleven, Oxxo, Gomart)	<u>No</u>	Sí	
	14. Tráfico de vehículos en la arena	<u>Sí</u>	No	
	15. Malecones o andadores	No	<u>Sí</u>	
	16. Accesos a la playa	No	<u>Sí</u>	
	17. Estacionamientos	No	<u>Sí</u>	
	18. Transporte público	<u>No</u>	Sí	
	19. Accesos para discapacitados	<u>No</u>	Sí	
	20. Sanitarios	No	<u>Sí</u>	
	21. Vestidores	No	<u>Sí</u>	
	22. Regaderas	No	<u>Sí</u>	
	23. Restaurantes	No	<u>Sí</u>	
	24. Hoteles a las orillas de la playa	<ul style="list-style-type: none"> Ausencia: 0 puntos 1 a 2 pisos: 1 punto 3 a 5 pisos: 2 puntos Más de 5 pisos: 3 puntos 		(X) () () ()
	TOTAL	7		Máximo: 14 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
2. Conservación	1. Plagas	Si	<u>No</u>	
	2. Acciones de protección para la flora y fauna	<u>No</u>	Sí	
	3. Descarga de aguas residuales	Sí	<u>No</u>	
	4. Espuma de origen diferente al oleaje	Sí	<u>No</u>	
	5. Información sobre caracterización microbiológica del agua	<u>No</u>	Sí	
	6. Programa de playa limpia	<u>No</u>	Sí	
	7. Ruido en nivel intolerable	Si	<u>No</u>	
	8. Cubierta vegetal	<ul style="list-style-type: none"> • Desnudo (< 10%): 0 puntos • Matorrales y malezas: 1 punto • Especies mayores poco variadas: 2 puntos • Especies mayores muy variadas: 3 puntos 		() (X) () ()
	9. Dunas ^{viii}	<ul style="list-style-type: none"> • Ausentes: 0 puntos • Restos: 1 punto • Cresta de dunas, dunas delanteras: 2 puntos • Dunas secundarias o varios tipos de dunas: 3 puntos 		() (X) () ()
	TOTAL	6		Máximo: 13 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		
		0	1	
3. Potencial recreativo	1. Comercio detallista	No	<u>Sí</u>	
	2. Vehículos motorizados sobre la playa	No	<u>Sí</u>	
	3. Salvavidas	No	<u>Sí</u>	
	30. Palapas, sillas, sombrillas	No	<u>Sí</u>	
	31. Vigilancia	No	<u>Sí</u>	
	32. Señalización	No	<u>Sí</u>	Donde se encuentran los salvavidas y donde no se puede nadar
	33. Sanitarios públicos	No	<u>Sí</u>	
	34. Surf	<u>No</u>	Sí	
	35. Deportes en la arena	<u>No</u>	Sí	
	36. Buceo libre	<u>No</u>	Sí	
	37. Bananas	<u>No</u>	Sí	
	38. Paseos a caballo	No	<u>Sí</u>	
	39. Pesca	No	<u>Sí</u>	
	40. Venta de alimentos	No	<u>Sí</u>	
	41. Camping	<u>No</u>	Sí	
	42. Visitantes	<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia: 0 puntos () • Pocos visitantes: 1 punto (X) • Demanda moderada: 2 puntos () • Gran demanda, saturación: 3 puntos () 		
	TOTAL	12		Máximo: 18 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
4. Gestión de residuos	1. Señalización sobre residuos	No	<u>Sí</u>	
	2. Restos de residuos incinerados	<u>Sí</u>	No	
	3. Sólidos flotantes	Sí	<u>No</u>	
	4. Película de grasas, aceites o residuos derivados de petróleo sobre la superficie del agua	Sí	<u>No</u>	
	5. Programa educativo de recolección de residuos en el último año	No	<u>Sí</u>	El último fue hace 2 meses. Lo realizan alumnos becados de la prepa, secundaria y primaria al menos 2 veces/año
	6. Programa de manejo de residuos sólidos	<u>No</u>	Sí	
	7. Residuos peligrosos	Si	<u>No</u>	
	8. Pepena	No	<u>Sí</u>	Sólo cobre
	9. Botes de almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> No existen: 0 puntos () En mal estado o insuficientes: 1 punto () En buen estado, suficientes: 2 puntos (X) En buen estado, suficientes y por categorías: 3 puntos () 		
	10. Limpieza de playa	<ul style="list-style-type: none"> No se realiza: 0 puntos () Esporádica, menos de 1 vez al mes: 1 punto (X) Más de 1 vez al mes: 2 puntos () Más de 1 vez a la semana: 3 puntos () 		En verano 2 veces/semana (miércoles o viernes) por parte del municipio. Los vendedores limpian sólo los lunes
	11. Residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> Línea completa de residuos: 0 punto () Acumulaciones separadas: 1 punto () Pocos residuos dispersos: 2 		

		puntos • Prácticamente ausente, ausencia total: 3 puntos	(X) ()	
	12. Percepción de los usuarios	Se evaluará como el promedio obtenido a partir de la aplicación de encuestas, con un puntaje de 0 a 5	3.17	
	TOTAL	14.17		Máximo: 22 puntos

	Se observa presencia de:	Puntaje		Observaciones
		0	1	
5. Contaminación	1. Descarga de aguas residuales	No	Sí	
	2. Residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> Línea completa de residuos: 3 puntos Acumulaciones separadas: 2 punto Pocos residuos dispersos: 1 punto Prácticamente ausente, ausencia total: 0 puntos 	() () (X) ()	
	3. Manchas de residuos de petróleo en la arena	<ul style="list-style-type: none"> Manchas grandes continuas: 4 puntos Manchas pequeñas (< a 5 cm) continuas: 3 puntos Manchas grandes aisladas: 2 puntos Manchas pequeñas aisladas: 1 punto Prácticamente ausente, ausencia total: 0 puntos 	() () () () (X)	
	TOTAL	1		Máximo: 8 puntos

RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

Encuesta No.	Edad	Género	Escolaridad máxima	Número de visitas anuales a la playa	Tipo de visitante	Preguntas para el cálculo de la percepción del usuario					
						¿Qué hace con la basura que genera en la playa?	¿Ha visto basura tirada en esta playa?	¿Cómo evalúa esta playa en términos de limpieza?	¿Ha visto indicaciones sobre cómo manejar la basura en esta playa?	¿Ha identificado dónde se encuentra el bote de basura más cercano?	Puntaje total por encuesta (Máximo 5 puntos)
1	4	F	1	2	Nacional	1	1	1	0	1	4
2	3	M	2	4	Regional	1	0	0.5	1	1	3.5
3	2	F	5	50	Local	1	0	0	0	1	2
4	2	M	1	360	Local	0	0	0.5	0	1	1.5
5	2	N.E.	3	1	Regional	1	0	1	0	1	3
6	4	M	4	25	Local	1	0	0	0	1	2
7	2	M	1	3	Regional	1	1	1	0	1	4
8	3	M	1	5	Regional	1	1	0.5	0	1	3.5
9	4	M	1	1	Internacional	1	1	1	1	1	5
10	2	M	4	30	Internacional	1	0	0.5	0	1	2.5
11	3	M	3	12	Regional	1	0	0.5	1	1	3.5
12	1	F	4	20	Internacional	1	1	0.5	0	1	3.5
13	3	M	2	24	Regional	1	0	0.5	0	1	2.5
14	2	M	2	15	Regional	1	0	1	0	0	2
15	2	M	4	6	Internacional	1	1	1	1	1	5
Promedio de la percepción del usuario						0.93	0.40	0.63	0.27	0.93	3.17

Preguntas adicionales													
En esta playa ¿Cuál de este tipo de basura ha encontrado en el agua o en la arena?							¿Considera que hay una problemática ambiental por la generación de plásticos en esta playa?			¿Sabe qué son los microplásticos?		¿Sabe los efectos que causan los MP en ambientes marinos?	
Orgánica	Plásticos	Metales	Papel y cartón	Vidrio	Ninguno	Otros	Sí	No	No sabe	Sí	No	Sí	No
						X			X		X		X
	X			X			X				X		X
	X			X			X			X		X	
	X		X				X			X			X
	X						X				X		X
	X						X			X		X	
X	X	X	X	X				X			X		X
	X						X				X		X
					X			X		X			X
	X			X			X			X		X	
	X							X			X		X
	X						X			X		X	
						X	X				X		X
						X		X		X			X
					X				X		X		X
1	10	1	2	4	2	3	9	4	2	7	8	4	11

Anexo 9.4 RSU y fragmentos muestreados en campo

A continuación, se presenta una ficha, por playa, la cual tiene el listado de macro residuos y fragmentos encontrados en dicha playa. el número de piezas y su masa en base seca.

Anexo 9.4.1 Ficha de macroresiduos y fragmentos para La Barra de Sontecomapan

La Barra de Sontecomapan										
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Sobre y debajo de la pleamar				Encima de la pleamar, hasta vegetación			
			Sábado 28/04/2018		Domingo 29/04/2018		Sábado 28/04/2018		Domingo 29/04/2018	
			Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Plástico	PL01	Tapas de botellas o recipientes	2	0.002	1	0.008	58	0.21	34	0.085
Plástico	PL02	Botellas <2 litros En México el tamaño desechable es de 3 l					12	0.336	8	0.242
Plástico	PL03	Botellas, garrafones, recipientes >2 litros >3								
Plástico	PL04	Cuchillos, tenedores, cucharas, agitadores, palitos de paleta y popotes	1	0.002	1	0.01	14	0.022	7	0.022
Plástico	PL05	Arillos y portadores de bebidas (six pack)								
Plástico	PL06	Contenedores de comida (comida rápida, tazas, vasos, platos similares)					4	0.022		
Plástico	PL07	Bolsas de plástico (opacas o transparentes) Consideraron envolturas de dulces y alimentos					10	0.052	7	0.062
Plástico	PL08	Juguetes, artículos de fiesta, artículos de belleza, limpieza y agarradera****					4	0.008	7	0.032
Plástico	PL09	Guantes								
Plástico	PL10	Encendedores								
Plástico	PL11	Cigarros, colillas y filtros							1	0.002
Plástico	PL12	Jeringas								
Plástico	PL13	Cestas, cajas y bandejas								
Plástico	PL14	Boyas de plástico								
Plástico	PL15	Mallas (vegetales, ostras o mejillones). Costales de rafia					1	0.134		
Plástico	PL16	Lonas, bolsas de plástico tejidas y playo								
Plástico	PL17	Artículos de pesca (señuelos, trampas y redes pasivas)								
Plástico	PL18	Línea de monofilamento								
Plástico	PL19	Cuerda Pedazos de cuerdas			2	0.006	14	0.198	10	0.22
Plástico	PL20	Red de pescar								

			Sobre y debajo de la pleamar				Encima de la pleamar, hasta vegetación			
			Sábado 28/04/2018		Domingo 29/04/2018		Sábado 28/04/2018		Domingo 29/04/2018	
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Plástico	PL21	Fleje								
Plástico	PL22	Fragmentos de fibra de vidrio								
Plástico	PL23	Gránulos de resinas (Pellets)								
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fragmentos de plásticos rígidos	3	0.002	8	0.008	96	0.556	108	0.132
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fragmentos de bolsas/película			2	0.006				
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fragmentos de fibras								
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fragmentos de costales de rafia								
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fibras								
Plástico	PL24	Otros (especificar) Ganchos					1	0.02		
Plástico	PL24	Otros (especificar) Redes fantasma					8	0.014	1	0.002
Plástico	PL24	Otros (especificar) Poliéster					1	0.002		
Plástico	PL24	Otros (especificar) Pluma de plástico								
Plástico	PL24	Otros (especificar) Plásticos quemados					7	0.14	8	0.01
Plástico	PL24	Otros (especificar) Manguera					2	0.028		
Plástico	PL24	Otros (especificar) Plásticos rígidos								
Plástico	PL24	Otros (especificar) Plásticos semirrígidos								
Plástico espumado	FP01	Espumas de espuma								
Plástico espumado	FP02	Vasos, charolas y contenedores de alimentos (Unicel)								
Plástico espumado	FP03	Boyas de espuma								
Plástico espumado	FP04	Espuma de aislamiento y embalaje								
Plástico espumado	FP05	Otros (especificar) Fragmentos de foami								
Plástico espumado	FP05	Otros (especificar) Fragmentos de poliestireno (unicel)					19	0.064	17	0.01
Plástico espumado	FP05	Otros (especificar) Fragmentos de poliuretano					5	0.022	4	0.012
Tela	CL01	Ropa, zapatos, sombreros y toallas								
Tela	CL02	Mochilas y bolsos								
Tela	CL03	Lienzo, lona y sacos								

			Sobre y debajo de la pleamar				Encima de la pleamar, hasta vegetación			
			Sábado 28/04/2018		Domingo 29/04/2018		Sábado 28/04/2018		Domingo 29/04/2018	
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Tela	CL04	Cuerda								
Tela	CL05	Alfombras y muebles								
Tela	CL06	Otras telas (incluyendo trapos)					4	0.018	2	0.006
Vidrio y cerámica	GC01	Material de construcción (ladrillos, cemento, tubos)					1	0.048	1	0.02
Vidrio y cerámica	GC02	Botellas y tarros					3	1.164		
Vidrio y cerámica	GC03	Vajilla (platos y tazas)								
Vidrio y cerámica	GC04	Foco								
Vidrio y cerámica	GC05	Lámparas de luz fluorescentes								
Vidrio y cerámica	GC06	Boyas de cristal								
Vidrio y cerámica	GC07	Fragmentos cerámicos o de vidrio								
Vidrio y cerámica	GC08	Otros (especificar) Fragmentos de vidrio							1	0.008
Metal	ME01	Vajilla (platos, vasos y cubiertos)								
Metal	ME02	Tapas de botellas, tapas y anillas de aluminio								
Metal	ME03	Latas de bebida de aluminio					1	0.018		
Metal	ME04	Otras latas <4 l Desodorante					1	0.04		
Metal	ME05	Tanques de gas, bidones y baldes >4 l								
Metal	ME06	Papel aluminio-Fragmentos								
Metal	ME07	Artículos relacionados con la pesca (plomos, señuelos, anzuelos y trampas)								
Metal	ME08	Fragmentos								
Metal	ME09	Alambre, malla y alambre de púas								
Metal	ME10	Otros - Tubo								
Metal	ME10	Otros - Otros metales								
Metal	ME10	Otros - Coladera								
Metal	ME10	Otros (especificar) incluir aparatos Clavo					1	0.006		
Papel y cartón	PC01	Papel (incluyendo periódicos y revistas) se consideraron libretas								
Papel y cartón	PC02	Cajas y fragmentos de cartón								

			Sobre y debajo de la pleamar				Encima de la pleamar, hasta vegetación			
			Sábado 28/04/2018		Domingo 29/04/2018		Sábado 28/04/2018		Domingo 29/04/2018	
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Papel y cartón	PC03	Tazas, bandejas de comida, vasos, envolturas de comida, palitos de paleta y cigarros								
Papel y cartón	PC04	Tubos para fuegos artificiales								
Papel y cartón	PC05	Otros (especificar) Fragmentos de papel								
Papel y cartón	PC05	Otros (especificar) Envoltura de papel							1	0.004
Caucho y látex	RB01	Balones, pelotas y juguetes							1	0.088
Caucho y látex	RB02	Calzado (sandalias)								
Caucho y látex	RB03	Globos							4	0.018
Caucho y látex	RB04	Llantas								
Caucho y látex	RB05	Salvavidas, cámaras de neumáticos y láminas de caucho								
Caucho y látex	RB06	Ligas, pulseras de caucho								
Caucho y látex	RB07	Condomes								
Caucho y látex	RB08	Otros (especificar) Agarradera probablemente de hielera***								
Caucho y látex	RB08	Otros - Fragmentos								
Madera	WD01	Cochos								
Madera	WD02	Trampas de pesca y macetas								
Madera	WD03	Palitos de helado, tenedores y palillos								
Madera	WD04	Madera procesada (tarimas y cajas)								
Madera	WD05	Cerillos y fuegos artificiales								
Madera	WD06	Otros (especificar) Fragmentos								
Otros	OT01	Parafina o cera								
Otros	OT02	Sanitarios (pañales, bastoncillos de algodón, aplicadores de tampones, cepillos de dientes, toallas sanitarias, curitas) se consideró papel higiénico							3	0.02
Otros	OT03	Electrodomésticos y electrónica								
Otros	OT04	Baterías (tipo antorcha)								
Otros	OT05	Otros (especificar)-Residuos peligrosos					2	0.09	3	0.116
Otros	OT05	Otros (especificar)-Residuos orgánicos	1	0.118			3	0.482	2	0.016
Otros	OT05	Otros (especificar)-Huesos								

			Sobre y debajo de la pleamar				Encima de la pleamar, hasta vegetación			
			Sábado 28/04/2018		Domingo 29/04/2018		Sábado 28/04/2018	Domingo 29/04/2018		
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Otros	OT05	Otros (especificar) - Pintura								
Otros	OT05	Otros (especificar)-Envolturas de alimentos (servilletas)					1	0.008		
Otros	OT05	Otros residuos								
		Total	7	0.124	14	0.038	273	3.702	230	1.127

Anexo 9.4.2 Ficha de macroresiduos y fragmentos para Playa Grande

Playa Grande								
			Sobre y debajo de la pleamar				Encima de la pleamar hasta vegetación	
			Viernes 18/05/2018		Sábado 19/05/2018		Sábado 19/05/2018	
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Plástico	PL01	Tapas de botellas o recipientes	3	0.0042931			1	0.001352
Plástico	PL02	Botellas <2 litros En México el tamaño desechable es de 3 l					2	0.038
Plástico	PL03	Botellas, garrafrones, recipientes >2 litros >3						
Plástico	PL04	Cuchillos, tenedores, cucharas, agitadores, palitos de paleta y popotes	2	0.0030468	1	0.0016505	2	0.001339
Plástico	PL05	Arillos y portadores de bebidas (six pack)						
Plástico	PL06	Contenedores de comida (comida rápida, tazas, vasos, platos similares)			1	0.0036307	2	0.008512
Plástico	PL07	Bolsas de plástico (opacas o transparentes) Consideraron envolturas de dulces y alimentos						
Plástico	PL08	Juguetes, artículos de fiesta, artículos de belleza, limpieza y agarradera****						
Plástico	PL09	Guantes						
Plástico	PL10	Encendedores						
Plástico	PL11	Cigarros, colillas y filtros	14	0.0026686			25	0.0064126
Plástico	PL12	Jeringas						
Plástico	PL13	Cestas, cajas y bandejas						
Plástico	PL14	Boyas de plástico						
Plástico	PL15	Mallas (vegetales, ostras o mejillones). Costales de rafia						
Plástico	PL16	Lonas, bolsas de plástico tejidas y playo						
Plástico	PL17	Artículos de pesca (señuelos, trampas y redes pasivas)						
Plástico	PL18	Línea de monofilamento						
Plástico	PL19	Cuerda Pedazos de cuerdas						
Plástico	PL20	Red de pescar						
Plástico	PL21	Fleje						

			Sobre y debajo de la pleamar				Encima de la pleamar hasta vegetación	
			Viernes 18/05/2018		Sábado 19/05/2018		Sábado 19/05/2018	
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Plástico	PL22	Fragmentos de fibra de vidrio						
Plástico	PL23	Gránulos de resinas (Pellets)						
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fragmentos de plásticos rígidos	9	0.0042977	5	0.0039614	4	0.0020006
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fragmentos de bolsas/película						
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fragmentos de fibras						
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fragmentos de costales de rafia						
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fibras						
Plástico	PL24	Otros (especificar) Ganchos						
Plástico	PL24	Otros (especificar) Redes fantasma						
Plástico	PL24	Otros (especificar) Poliéster						
Plástico	PL24	Otros (especificar) Pluma de plástico						
Plástico	PL24	Otros (especificar) Plásticos quemados						
Plástico	PL24	Otros (especificar) Manguera						
Plástico	PL24	Otros (especificar) Plásticos rígidos					2	0.0097937
Plástico	PL24	Otros (especificar) Plásticos semirrígidos	1	0.0013628	3	0.1		
Plástico espumado	FP01	Esponjas de espuma						
Plástico espumado	FP02	Vasos, charolas y contenedores de alimentos (Unicel)						
Plástico espumado	FP03	Boyas de espuma						
Plástico espumado	FP04	Espuma de aislamiento y embalaje						
Plástico espumado	FP05	Otros (especificar) Fragmentos de foami						
Plástico espumado	FP05	Otros (especificar) Fragmentos de poliestireno (unicel)	20	0.0006348	2	0.0000582	13	0.0014787
Plástico espumado	FP05	Otros (especificar) Fragmentos de poliuretano	1	0.0002266				
Tela	CL01	Ropa, zapatos, sombreros y toallas			1	0.076		

			Sobre y debajo de la pleamar				Encima de la pleamar hasta vegetación	
			Viernes 18/05/2018		Sábado 19/05/2018		Sábado 19/05/2018	
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Tela	CL02	Mochilas y bolsos						
Tela	CL03	Lienzo, lona y sacos						
Tela	CL04	Cuerda						
Tela	CL05	Alfombras y muebles						
Tela	CL06	Otras telas (incluyendo trapos)						
Vidrio y cerámica	GC01	Material de construcción (ladrillos, cemento, tubos)						
Vidrio y cerámica	GC02	Botellas y tarros						
Vidrio y cerámica	GC03	Vajilla (platos y tazas)						
Vidrio y cerámica	GC04	Foco						
Vidrio y cerámica	GC05	Lámparas de luz fluorescentes						
Vidrio y cerámica	GC06	Boyas de cristal						
Vidrio y cerámica	GC07	Fragmentos cerámicos o de vidrio						
Vidrio y cerámica	GC08	Otros (especificar) Fragmentos de vidrio						
Metal	ME01	Vajilla (platos, vasos y cubiertos)						
Metal	ME02	Tapas de botellas, tapas y anillas de aluminio			1	0.0049095		
Metal	ME03	Latas de bebida de aluminio					2	0.026728
Metal	ME04	Otras latas <4 l Desodorante						
Metal	ME05	Tanques de gas, bidones y baldes >4 l						
Metal	ME06	Papel aluminio-Fragmentos						
Metal	ME07	Artículos relacionados con la pesca (plomos, señuelos, anzuelos y trampas)						
Metal	ME08	Fragmentos						
Metal	ME09	Alambre, malla y alambre de púas						
Metal	ME10	Otros - Tubo						

			Sobre y debajo de la pleamar				Encima de la pleamar hasta vegetación	
			Viernes 18/05/2018		Sábado 19/05/2018		Sábado 19/05/2018	
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Metal	ME10	Otros - Otros metales						
Metal	ME10	Otros - Coladera						
Metal	ME10	Otros (especificar) incluir aparatos Clavo						
Papel y cartón	PC01	Papel (incluyendo periódicos y revistas) se consideraron libretas						
Papel y cartón	PC02	Cajas y fragmentos de cartón						
Papel y cartón	PC03	Tazas, bandejas de comida, vasos, envolturas de comida, palitos de paleta y cigarros						
Papel y cartón	PC04	Tubos para fuegos artificiales						
Papel y cartón	PC05	Otros (especificar) Fragmentos de papel			1	0.0000992		
Papel y cartón	PC05	Otros (especificar) Envoltura de papel	2	0.0004276				
Caucho y látex	RB01	Balones, pelotas y juguetes						
Caucho y látex	RB02	Calzado (sandalias)						
Caucho y látex	RB03	Globos						
Caucho y látex	RB04	Llantas						
Caucho y látex	RB05	Salvavidas, cámaras de neumáticos y láminas de caucho						
Caucho y látex	RB06	Ligas, pulseras de caucho						
Caucho y látex	RB07	Condomes						
Caucho y látex	RB08	Otros (especificar) Agarradera probablemente de hielera***						
Caucho y látex	RB08	Otros - Fragmentos						
Madera	WD01	Cochos						
Madera	WD02	Trampas de pesca y macetas						
Madera	WD03	Palitos de helado, tenedores y palillos						
Madera	WD04	Madera procesada (tarimas y cajas)						
Madera	WD05	Cerillos y fuegos artificiales						

			Sobre y debajo de la pleamar				Encima de la pleamar hasta vegetación	
			Viernes 18/05/2018		Sábado 19/05/2018		Sábado 19/05/2018	
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Madera	WD06	Otros (especificar) Fragmentos						
Otros	OT01	Parafina o cera						
Otros	OT02	Sanitarios (pañales, bastoncillos de algodón, aplicadores de tampones, cepillos de dientes, toallas sanitarias, curitas) se consideró papel higiénico	1	0.0002406				
Otros	OT03	Electrodomésticos y electrónica						
Otros	OT04	Baterías (tipo antorcha)						
Otros	OT05	Otros (especificar)-Residuos peligrosos						
Otros	OT05	Otros (especificar)-Residuos orgánicos	1	0.0040462	2	0.0029438	1	0.0051592
Otros	OT05	Otros (especificar)-Huesos						
Otros	OT05	Otros (especificar) - Pintura						
Otros	OT05	Otros (especificar)-Envolturas de alimentos (servilletas)					1	0.0030612
Otros	OT05	Otros residuos						
		Total	54	0.0212448	17	0.1932533	55	0.103837

Anexo 9.4.3 Ficha de macroresiduos y fragmentos para Zipolite

Zipolite								
			Sobre y debajo de la pleamar		Encima de la pleamar, hasta vegetación			
			Sábado 06/10/2018		Sábado 06/10/2018		Domingo 07/10/2018	
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Plástico	PL01	Tapas de botellas o recipientes						
Plástico	PL02	Botellas <2 litros En México el tamaño desechable es de 3 l						
Plástico	PL03	Botellas, garrafrones, recipientes >2 litros >3						
Plástico	PL04	Cuchillos, tenedores, cucharas, agitadores, palitos de paleta y popotes					1	0.0006519
Plástico	PL05	Arillos y portadores de bebidas (six pack)					2	0.0073183
Plástico	PL06	Contenedores de comida (comida rápida, tazas, vasos, platos similares)						
Plástico	PL07	Bolsas de plástico (opacas o transparentes) Consideraron envolturas de dulces y alimentos					2	0.0026404
Plástico	PL08	Juguetes, artículos de fiesta, artículos de belleza, limpieza y agarradera****						
Plástico	PL09	Guantes						
Plástico	PL10	Encendedores						
Plástico	PL11	Cigarros, colillas y filtros					6	0.0014925
Plástico	PL12	Jeringas						
Plástico	PL13	Cestas, cajas y bandejas						
Plástico	PL14	Boyas de plástico						
Plástico	PL15	Mallas (vegetales, ostras o mejillones). Costales de rafia						
Plástico	PL16	Lonas, bolsas de plástico tejidas y playo						
Plástico	PL17	Artículos de pesca (señuelos, trampas y redes pasivas)						
Plástico	PL18	Línea de monofilamento						
Plástico	PL19	Cuerda Pedazos de cuerdas						
Plástico	PL20	Red de pescar						
Plástico	PL21	Fleje						
Plástico	PL22	Fragmentos de fibra de vidrio						

			Sobre y debajo de la pleamar		Encima de la pleamar, hasta vegetación			
			Sábado 06/10/2018		Sábado 06/10/2018		Domingo 07/10/2018	
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Plástico	PL23	Gránulos de resinas (Pellets)						
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fragmentos de plásticos rígidos					1	0.0001079
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fragmentos de bolsas/película			1	0.000043		
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fragmentos de fibras						
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fragmentos de costales de rafia						
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fibras						
Plástico	PL24	Otros (especificar) Ganchos						
Plástico	PL24	Otros (especificar) Redes fantasma						
Plástico	PL24	Otros (especificar) Poliéster						
Plástico	PL24	Otros (especificar) Pluma de plástico						
Plástico	PL24	Otros (especificar) Plásticos quemados						
Plástico	PL24	Otros (especificar) Manguera						
Plástico	PL24	Otros (especificar) Plásticos rígidos						
Plástico	PL24	Otros (especificar) Plásticos semirrígidos			2	0.0005351		
Plástico espumado	FP01	Espumas de espuma						
Plástico espumado	FP02	Vasos, charolas y contenedores de alimentos (Unicel)						
Plástico espumado	FP03	Boyas de espuma						
Plástico espumado	FP04	Espuma de aislamiento y embalaje						
Plástico espumado	FP05	Otros (especificar) Fragmentos de foami						
Plástico espumado	FP05	Otros (especificar) Fragmentos de poliestireno (unicel)						
Plástico espumado	FP05	Otros (especificar) Fragmentos de poliuretano					1	0.0001683
Tela	CL01	Ropa, zapatos, sombreros y toallas						
Tela	CL02	Mochilas y bolsos						
Tela	CL03	Lienzo, lona y sacos						

			Sobre y debajo de la pleamar		Encima de la pleamar, hasta vegetación			
			Sábado 06/10/2018		Sábado 06/10/2018		Domingo 07/10/2018	
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Tela	CL04	Cuerda						
Tela	CL05	Alfombras y muebles						
Tela	CL06	Otras telas (incluyendo trapos)						
Vidrio y cerámica	GC01	Material de construcción (ladrillos, cemento, tubos)						
Vidrio y cerámica	GC02	Botellas y tarros						
Vidrio y cerámica	GC03	Vajilla (platos y tazas)						
Vidrio y cerámica	GC04	Foco						
Vidrio y cerámica	GC05	Lámparas de luz fluorescentes						
Vidrio y cerámica	GC06	Boyas de cristal						
Vidrio y cerámica	GC07	Fragmentos cerámicos o de vidrio					1	0.26
Vidrio y cerámica	GC08	Otros (especificar) Fragmentos de vidrio	1	0.0037984				
Metal	ME01	Vajilla (platos, vasos y cubiertos)						
Metal	ME02	Tapas de botellas, tapas y anillas de aluminio			1	0.0019344		
Metal	ME03	Latas de bebida de aluminio						
Metal	ME04	Otras latas <4 l Desodorante						
Metal	ME05	Tanques de gas, bidones y baldes >4 l						
Metal	ME06	Papel aluminio-Fragmentos			1	0.0002038		
Metal	ME07	Artículos relacionados con la pesca (plomos, señuelos, anzuelos y trampas)						
Metal	ME08	Fragmentos						
Metal	ME09	Alambre, malla y alambre de púas						
Metal	ME10	Otros - Tubo						
Metal	ME10	Otros - Otros metales						
Metal	ME10	Otros - Coladera						
Metal	ME10	Otros (especificar) incluir aparatos Clavo						

			Sobre y debajo de la pleamar		Encima de la pleamar, hasta vegetación			
			Sábado 06/10/2018		Sábado 06/10/2018		Domingo 07/10/2018	
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Papel y cartón	PC01	Papel (incluyendo periódicos y revistas) se consideraron libretas						
Papel y cartón	PC02	Cajas y fragmentos de cartón						
Papel y cartón	PC03	Tazas, bandejas de comida, vasos, envolturas de comida, palitos de paleta y cigarros						
Papel y cartón	PC04	Tubos para fuegos artificiales						
Papel y cartón	PC05	Otros (especificar) Fragmentos de papel					1	0.0002571
Papel y cartón	PC05	Otros (especificar) Envoltura de papel						
Caucho y látex	RB01	Balones, pelotas y juguetes						
Caucho y látex	RB02	Calzado (sandalias)						
Caucho y látex	RB03	Globos						
Caucho y látex	RB04	Llantas						
Caucho y látex	RB05	Salvavidas, cámaras de neumáticos y láminas de caucho						
Caucho y látex	RB06	Ligas, pulseras de caucho						
Caucho y látex	RB07	Condomes						
Caucho y látex	RB08	Otros (especificar) Agarradera probablemente de hielera***						
Caucho y látex	RB08	Otros - Fragmentos						
Madera	WD01	Cochos						
Madera	WD02	Trampas de pesca y macetas						
Madera	WD03	Palitos de helado, tenedores y palillos						
Madera	WD04	Madera procesada (tarimas y cajas)						
Madera	WD05	Cerillos y fuegos artificiales						
Madera	WD06	Otros (especificar) Fragmentos						
Otros	OT01	Parafina o cera						
Otros	OT02	Sanitarios (pañales, bastoncillos de algodón, aplicadores de tampones, cepillos de dientes, toallas sanitarias, curitas) se consideró papel higiénico					2	0.0050874
Otros	OT03	Electrodomésticos y electrónica						

			Sobre y debajo de la pleamar		Encima de la pleamar, hasta vegetación			
			Sábado 06/10/2018		Sábado 06/10/2018		Domingo 07/10/2018	
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Otros	OT04	Baterías (tipo antorcha)						
Otros	OT05	Otros (especificar)-Residuos peligrosos						
Otros	OT05	Otros (especificar)-Residuos orgánicos			2	0.35	7	0.38
Otros	OT05	Otros (especificar)-Huesos						
Otros	OT05	Otros (especificar) - Pintura						
Otros	OT05	Otros (especificar)-Envolturas de alimentos (servilletas)						
Otros	OT05	Otros residuos						
		Total	1	0.0037984	7	0.3527163	24	0.6577238

Anexo 9.4.4 Ficha de macro residuos y fragmentos para San Agustinillo

San Agustinillo										
			Sobre y debajo de la pleamar				Encima de la pleamar, hasta vegetación			
			Sábado 13/10/2018		Domingo 14/10/2018		Sábado 13/10/2018		Domingo 14/10/2018	
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Plástico	PL01	Tapas de botellas o recipientes	2	0.006228	1	0.002447	1	0.001246	6	0.010783
Plástico	PL02	Botellas <2 litros En México el tamaño desechable es de 3 l			1	0.02				
Plástico	PL03	Botellas, garrafones, recipientes >2 litros >3								
Plástico	PL04	Cuchillos, tenedores, cucharas, agitadores, palitos de paleta y popotes	1	0.000795					2	0.004001
Plástico	PL05	Arillos y portadores de bebidas (six pack)							1	0.002438
Plástico	PL06	Contenedores de comida (comida rápida, tazas, vasos, platos similares)							1	0.01973
Plástico	PL07	Bolsas de plástico (opacas o transparentes) Consideraron envolturas de dulces y alimentos					1	0.06	2	0.003076
Plástico	PL08	Juguetes, artículos de fiesta, artículos de belleza, limpieza y agarradera****	2	0.003527						
Plástico	PL09	Guantes								
Plástico	PL10	Encendedores								
Plástico	PL11	Cigarros, colillas y filtros	2	0.000438	1	0.000221	1	0.000199	4	0.000792
Plástico	PL12	Jeringas								
Plástico	PL13	Cestas, cajas y bandejas								
Plástico	PL14	Boyas de plástico								
Plástico	PL15	Mallas (vegetales, ostras o mejillones). Costales de rafia								
Plástico	PL16	Lonas, bolsas de plástico tejidas y playo								
Plástico	PL17	Artículos de pesca (señuelos, trampas y redes pasivas)								
Plástico	PL18	Línea de monofilamento								
Plástico	PL19	Cuerda Pedazos de cuerdas			2	0.006572				
Plástico	PL20	Red de pescar								
Plástico	PL21	Fleje								

Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Sobre y debajo de la pleamar				Encima de la pleamar, hasta vegetación			
			Sábado 13/10/2018		Domingo 14/10/2018		Sábado 13/10/2018		Domingo 14/10/2018	
			Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Plástico	PL22	Fragmentos de fibra de vidrio								
Plástico	PL23	Gránulos de resinas (Pellets)								
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fragmentos de plásticos rígidos	3	0.002585	1	0.000827	2	0.00317	8	0.0019548
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fragmentos de bolsas/película	2	0.000976	1	0.000542	1	0.00001	9	0.002445
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fragmentos de fibras					1	0.000012		
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fragmentos de costales de rafia							3	0.003491
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fibras								
Plástico	PL24	Otros (especificar) Ganchos								
Plástico	PL24	Otros (especificar) Redes fantasma								
Plástico	PL24	Otros (especificar) Poliéster								
Plástico	PL24	Otros (especificar) Pluma de plástico							1	0.006931
Plástico	PL24	Otros (especificar) Plásticos quemados								
Plástico	PL24	Otros (especificar) Manguera							1	0.001852
Plástico	PL24	Otros (especificar) Plásticos rígidos								
Plástico	PL24	Otros (especificar) Plásticos semirrígidos			1	0.000418	1	0.00071		
Plástico espumado	FP01	Esponjas de espuma					1	0.000221	1	0.000225
Plástico espumado	FP02	Vasos, charolas y contenedores de alimentos (Unicel)								
Plástico espumado	FP03	Boyas de espuma								
Plástico espumado	FP04	Espuma de aislamiento y embalaje								
Plástico espumado	FP05	Otros (especificar) Fragmentos de foami					2	0.00025		
Plástico espumado	FP05	Otros (especificar) Fragmentos de poliestireno (unicel)	2	0.000155	4	0.000344	8	0.001043	7	0.002793
Plástico espumado	FP05	Otros (especificar) Fragmentos de poliuretano			5	0.02	1	0.000281	3	0.004297
Tela	CL01	Ropa, zapatos, sombreros y toallas								

			Sobre y debajo de la pleamar				Encima de la pleamar, hasta vegetación			
			Sábado 13/10/2018		Domingo 14/10/2018		Sábado 13/10/2018		Domingo 14/10/2018	
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Tela	CL02	Mochilas y bolsos								
Tela	CL03	Lienzo, lona y sacos								
Tela	CL04	Cuerda								
Tela	CL05	Alfombras y muebles								
Tela	CL06	Otras telas (incluyendo trapos)								
Vidrio y cerámica	GC01	Material de construcción (ladrillos, cemento, tubos)								
Vidrio y cerámica	GC02	Botellas y tarros								
Vidrio y cerámica	GC03	Vajilla (platos y tazas)								
Vidrio y cerámica	GC04	Foco								
Vidrio y cerámica	GC05	Lámparas de luz fluorescentes								
Vidrio y cerámica	GC06	Boyas de cristal								
Vidrio y cerámica	GC07	Fragmentos cerámicos o de vidrio								
Vidrio y cerámica	GC08	Otros (especificar) Fragmentos de vidrio	1	0.00678					1	0.01
Metal	ME01	Vajilla (platos, vasos y cubiertos)								
Metal	ME02	Tapas de botellas, tapas y anillas de aluminio							5	0.003295
Metal	ME03	Latas de bebida de aluminio							4	0.06
Metal	ME04	Otras latas <4 l Desodorante								
Metal	ME05	Tanques de gas, bidones y baldes >4 l								
Metal	ME06	Papel aluminio-Fragmentos								
Metal	ME07	Artículos relacionados con la pesca (plomos, señuelos, anzuelos y trampas)								
Metal	ME08	Fragmentos								
Metal	ME09	Alambre, malla y alambre de púas								
Metal	ME10	Otros - Tubo								

			Sobre y debajo de la pleamar				Encima de la pleamar, hasta vegetación			
			Sábado 13/10/2018		Domingo 14/10/2018		Sábado 13/10/2018		Domingo 14/10/2018	
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Metal	ME10	Otros - Otros metales								
Metal	ME10	Otros - Coladera								
Metal	ME10	Otros (especificar) incluir aparatos Clavo								
Papel y cartón	PC01	Papel (incluyendo periódicos y revistas) se consideraron libretas								
Papel y cartón	PC02	Cajas y fragmentos de cartón								
Papel y cartón	PC03	Tazas, bandejas de comida, vasos, envolturas de comida, palitos de paleta y cigarros					1	0.0000088		
Papel y cartón	PC04	Tubos para fuegos artificiales								
Papel y cartón	PC05	Otros (especificar) Fragmentos de papel							1	0.000324
Papel y cartón	PC05	Otros (especificar) Envoltura de papel								
Caucho y látex	RB01	Balones, pelotas y juguetes								
Caucho y látex	RB02	Calzado (sandalias)								
Caucho y látex	RB03	Globos								
Caucho y látex	RB04	Llantas								
Caucho y látex	RB05	Salvavidas, cámaras de neumáticos y láminas de caucho								
Caucho y látex	RB06	Ligas, pulseras de caucho								
Caucho y látex	RB07	Condomes								
Caucho y látex	RB08	Otros (especificar) Agarradera probablemente de hielera***								
Caucho y látex	RB08	Otros - Fragmentos								
Madera	WD01	Cochos								
Madera	WD02	Trampas de pesca y macetas								
Madera	WD03	Palitos de helado, tenedores y palillos								
Madera	WD04	Madera procesada (tarimas y cajas)					2	0.06103	4	0.542575
Madera	WD05	Cerillos y fuegos artificiales								

			Sobre y debajo de la pleamar				Encima de la pleamar, hasta vegetación			
			Sábado 13/10/2018		Domingo 14/10/2018		Sábado 13/10/2018		Domingo 14/10/2018	
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Madera	WD06	Otros (especificar) Fragmentos	2	0.009567						
Otros	OT01	Parafina o cera					1	0.002368		
Otros	OT02	Sanitarios (pañales, bastoncillos de algodón, aplicadores de tampones, cepillos de dientes, toallas sanitarias, curitas) se consideró papel higiénico								
Otros	OT03	Electrodomésticos y electrónica								
Otros	OT04	Baterías (tipo antorcha)								
Otros	OT05	Otros (especificar)-Residuos peligrosos								
Otros	OT05	Otros (especificar)-Residuos orgánicos	5	1.61	1	0.49	3	0.07	13	0.009885
Otros	OT05	Otros (especificar)-Huesos								
Otros	OT05	Otros (especificar) - Pintura					8	0.001336		
Otros	OT05	Otros (especificar)-Envolturas de alimentos (servilletas)								
Otros	OT05	Otros residuos								
		Total	22	1.641051	18	0.541371	35	0.2018848	77	0.6908878

Anexo 9.4.5 Ficha de macroresiduos y fragmentos para La Misión

La Misión										
			Sobre y debajo de la pleamar				Encima de la pleamar, hasta vegetación			
			Sábado 08/12/2018		Domingo 09/12/2018		Sábado 08/12/2018		Domingo 09/12/2018	
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Plástico	PL01	Tapas de botellas o recipientes	15	0.022	17	0.0246	59	0.1276	41	0.1005
Plástico	PL02	Botellas <2 litros En México el tamaño desechable es de 3 l							1	0.0175
Plástico	PL03	Botellas, garrafones, recipientes >2 litros >3								
Plástico	PL04	Cuchillos, tenedores, cucharas, agitadores, palitos de paleta y popotes	3	0.0032	1	0.001	23	0.0368	23	0.0246
Plástico	PL05	Arillos y portadores de bebidas (six pack)								
Plástico	PL06	Contenedores de comida (comida rápida, tazas, vasos, platos similares)								
Plástico	PL07	Bolsas de plástico (opacas o transparentes) Consideraron envolturas de dulces y alimentos	6	0.0192	5	0.0125	12	0.0434	11	0.0082
Plástico	PL08	Juguetes, artículos de fiesta, artículos de belleza, limpieza y agarradera****	14	0.0288	10	0.0082	10	0.0272	17	0.018
Plástico	PL09	Guantes								
Plástico	PL10	Encendedores							1	0.0068
Plástico	PL11	Cigarros, colillas y filtros	54	0.0117	73	0.0165	123	0.0261	124	0.0244
Plástico	PL12	Jeringas								
Plástico	PL13	Cestas, cajas y bandejas								
Plástico	PL14	Boyas de plástico								
Plástico	PL15	Mallas (vegetales, ostras o mejillones). Costales de rafia								
Plástico	PL16	Lonas, bolsas de plástico tejidas y playo								
Plástico	PL17	Artículos de pesca (señuelos, trampas y redes pasivas)								
Plástico	PL18	Línea de monofilamento								
Plástico	PL19	Cuerda Pedazos de cuerdas			4	0.0076	4	0.0021	4	0.0017
Plástico	PL20	Red de pescar								
Plástico	PL21	Fleje								

			Sobre y debajo de la pleamar				Encima de la pleamar, hasta vegetación			
			Sábado 08/12/2018		Domingo 09/12/2018		Sábado 08/12/2018		Domingo 09/12/2018	
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Plástico	PL22	Fragmentos de fibra de vidrio								
Plástico	PL23	Gránulos de resinas (Pellets)								
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fragmentos de plásticos rígidos	89	0.0202	161	0.0622	77	0.0393	113	0.0446
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fragmentos de bolsas/película	26	0.0128	37	0.0184	31	0.0117	42	0.031
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fragmentos de fibras			10	0.0002	4	0.0016		
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fragmentos de costales de rafia								
Plástico	PL24	Otros (especificar) Fibras	10	0.0006					5	0.031
Plástico	PL24	Otros (especificar) Ganchos								
Plástico	PL24	Otros (especificar) Redes fantasma	4	0.0124	1	0.004	1	0.001		
Plástico	PL24	Otros (especificar) Poliéster								
Plástico	PL24	Otros (especificar) Pluma de plástico								
Plástico	PL24	Otros (especificar) Plásticos quemados	2	0.0001	5	0.0074	6	0.0023	6	0.0021
Plástico	PL24	Otros (especificar) Manguera					1	0.0152		
Plástico	PL24	Otros (especificar) Plásticos rígidos								
Plástico	PL24	Otros (especificar) Plásticos semirrígidos								
Plástico espumado	FP01	Espojas de espuma								
Plástico espumado	FP02	Vasos, charolas y contenedores de alimentos (Unicel)								
Plástico espumado	FP03	Boyas de espuma								
Plástico espumado	FP04	Espuma de aislamiento y embalaje								
Plástico espumado	FP05	Otros (especificar) Fragmentos de foami								
Plástico espumado	FP05	Otros (especificar) Fragmentos de poliestireno (unicel)	181	0.0099	304	0.0155	92	0.0118	85	0.0125
Plástico espumado	FP05	Otros (especificar) Fragmentos de poliuretano	3	0.0018	2	0.0001	2	0.0041	4	0.0096
Tela	CL01	Ropa, zapatos, sombreros y toallas							1	0.0257

			Sobre y debajo de la pleamar				Encima de la pleamar, hasta vegetación			
			Sábado 08/12/2018		Domingo 09/12/2018		Sábado 08/12/2018		Domingo 09/12/2018	
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Tela	CL02	Mochilas y bolsos								
Tela	CL03	Lienzo, lona y sacos								
Tela	CL04	Cuerda								
Tela	CL05	Alfombras y muebles								
Tela	CL06	Otras telas (incluyendo trapos)					7	0.0196	12	0.0036
Vidrio y cerámica	GC01	Material de construcción (ladrillos, cemento, tubos)							6	1.3408
Vidrio y cerámica	GC02	Botellas y tarros								
Vidrio y cerámica	GC03	Vajilla (platos y tazas)								
Vidrio y cerámica	GC04	Foco								
Vidrio y cerámica	GC05	Lámparas de luz fluorescentes								
Vidrio y cerámica	GC06	Boyas de cristal								
Vidrio y cerámica	GC07	Fragmentos cerámicos o de vidrio								
Vidrio y cerámica	GC08	Otros (especificar) Fragmentos de vidrio	1	0.015	1	0.0036	11	0.0159	21	0.0254
Metal	ME01	Vajilla (platos, vasos y cubiertos)			1	0.0101				
Metal	ME02	Tapas de botellas, tapas y anillas de aluminio	4	0.0071	1	0.0025	28	0.034	27	0.043
Metal	ME03	Latas de bebida de aluminio	1	0.0731						
Metal	ME04	Otras latas <4 l Desodorante								
Metal	ME05	Tanques de gas, bidones y baldes >4 l								
Metal	ME06	Papel aluminio-Fragmentos			2	0.001	9	0.002	18	0.0075
Metal	ME07	Artículos relacionados con la pesca (plomos, señuelos, anzuelos y trampas)								
Metal	ME08	Fragmentos							3	0.0035
Metal	ME09	Alambre, malla y alambre de púas					1	0.026	5	0.048
Metal	ME10	Otros - Tubo							1	0.0353

			Sobre y debajo de la pleamar				Encima de la pleamar, hasta vegetación			
			Sábado 08/12/2018		Domingo 09/12/2018		Sábado 08/12/2018		Domingo 09/12/2018	
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Metal	ME10	Otros - Otros metales					2	0.0407		
Metal	ME10	Otros - Coladera							1	0.0735
Metal	ME10	Otros (especificar) incluir aparatos Clavo							36	0.0664
Papel y cartón	PC01	Papel (incluyendo periódicos y revistas) se consideraron libretas								
Papel y cartón	PC02	Cajas y fragmentos de cartón					14	0.0026	10	0.0151
Papel y cartón	PC03	Tazas, bandejas de comida, vasos, envolturas de comida, palitos de paleta y cigarros					1	0.0005		
Papel y cartón	PC04	Tubos para fuegos artificiales								
Papel y cartón	PC05	Otros (especificar) Fragmentos de papel	6	0.0008	12	0.0009			20	0.0053
Papel y cartón	PC05	Otros (especificar) Envoltura de papel								
Caucho y látex	RB01	Balones, pelotas y juguetes								
Caucho y látex	RB02	Calzado (sandalias)								
Caucho y látex	RB03	Globos					1	0.0018		
Caucho y látex	RB04	Llantas								
Caucho y látex	RB05	Salvavidas, cámaras de neumáticos y láminas de caucho								
Caucho y látex	RB06	Ligas, pulseras de caucho					3	0.0004	3	0.0004
Caucho y látex	RB07	Condomes			1	0.0029				
Caucho y látex	RB08	Otros (especificar) Agarradera probablemente de hielera***								
Caucho y látex	RB08	Otros - Fragmentos	4	0.0008	4	0.0009	1	0.0227	3	0.016
Madera	WD01	Cochos								
Madera	WD02	Trampas de pesca y macetas								
Madera	WD03	Palitos de helado, tenedores y palillos	1	0.0016			3	0.0072	2	0.0007
Madera	WD04	Madera procesada (tarimas y cajas)								
Madera	WD05	Cerillos y fuegos artificiales	1	0.0001						

			Sobre y debajo de la pleamar				Encima de la pleamar, hasta vegetación			
			Sábado 08/12/2018		Domingo 09/12/2018		Sábado 08/12/2018		Domingo 09/12/2018	
Material	Código del residuo	Forma del residuo y ejemplos	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)	Piezas	Masa base seca (kg)
Madera	WD06	Otros (especificar) Fragmentos					12	0.0571	12	1.0693
Otros	OT01	Parafina o cera					1	0.0027		
Otros	OT02	Sanitarios (pañales, bastoncillos de algodón, aplicadores de tampones, cepillos de dientes, toallas sanitarias, curitas) se consideró papel higiénico					10	0.0096	24	0.0065
Otros	OT03	Electrodomésticos y electrónica								
Otros	OT04	Baterías (tipo antorcha)								
Otros	OT05	Otros (especificar)-Residuos peligrosos							1	0.0154
Otros	OT05	Otros (especificar)-Residuos orgánicos	10	0.0283	14	0.0211	23	0.0932	40	0.0512
Otros	OT05	Otros (especificar)-Huesos					2	0.0035		
Otros	OT05	Otros (especificar) - Pintura								
Otros	OT05	Otros (especificar)-Envolturas de alimentos (servilletas)					2	0.004	1	0.0012
Otros	OT05	Otros residuos	2	0.0012	3	0.0007	2	0.0076	1	0.0015
		Total	437	0.2707	669	0.2219	578	0.7013	725	3.1878

Anexo 9.5 Unidades de concentración de microplásticos

Tabla 9.1 Valores estadísticos por playa en términos de mg MP/kg_{sh}

mg MP/kg _{sh}						
Playa	Día	Intervalo	\bar{X} (media)	M (mediana)	σ (desviación estándar)	% de varianza
La Barra de Sontecomapan	Sábado	0 - 110.0	20.3	8.5	32.6	160.9
	Domingo	0 - 130.5	16.3	3.2	40.3	247.7
Playa Grande	Viernes	0 - 24.4	7.2	4.8	8.3	114.9
	Sábado	0 - 32.1	3.5	0.0	10.1	290.9
Zipolite	Sábado	0 - 0.5	0.1	0.0	0.2	161.2
	Domingo	0 - 348.0	35.0	0.3	109.9	314.0
San Agustinillo	Sábado	0 - 12.7	3.5	1.4	4.3	123.7
	Domingo	0 - 79.1	19.4	10.3	25.2	129.6
La Misión	Sábado	0.05 - 219.6	32.5	7.7	66.7	205.4
	Domingo	3.8 - 229.9	69.3	38.4	72.7	104.9

Sh: sedimento húmedo

Tabla 9.2 Valores estadísticos por playa en términos de mg MP/kg_{ss}

mg MP/kg _{ss}						
Playa	Día	Intervalo	\bar{X} (media)	M (mediana)	σ (desviación estándar)	% de varianza
La Barra de Sontecomapan	Sábado	0 - 124.9	23.0	9.7	37.1	160.9
	Domingo	0 - 148.2	18.5	3.7	45.8	247.7
Playa Grande	Viernes	0 - 31.4	9.3	6.2	10.7	114.9
	Sábado	0 - 41.3	4.5	0.0	12.9	290.9
Zipolite	Sábado	0 - 0.5	0.2	0.0	0.2	161.2
	Domingo	0 - 358.6	36.1	0.3	113.3	314.0
San Agustinillo	Sábado	0 - 13.5	3.7	1.5	4.6	123.8
	Domingo	0 - 81.8	20.5	11.2	26.3	128.2
La Misión	Sábado	0.05 - 221.3	33.5	8.6	67.2	200.7
	Domingo	3.8 - 236.4	71.5	39.7	74.8	104.7

Ss: sedimento seco

Tabla 9.3 Valores estadísticos por playa en términos de # MP/kg_{sh}

# MP/kg _{sh}						
Playa	Día	Intervalo	\bar{X}	M	σ	% de varianza
La Barra de Sontecomapan	Sábado	0 - 3.3	1.3	1.2	1.073	85.1
	Domingo	0 - 2.5	1.2	1.3	0.808	67.2
Playa Grande	Viernes	0 - 2.1	0.7	0.5	0.641	92.1
	Sábado	0 - 0.9	0.2	0.0	0.302	173.4
Zipolite	Sábado	0 - 9.0	1.2	0.0	2.844	228.8
	Domingo	0 - 2.5	0.6	0.3	0.820	129.2
San Agustinillo	Sábado	0 - 2.6	1.7	1.8	0.672	39.8
	Domingo	0 - 5.8	1.9	1.3	1.672	87.1
La Misión	Sábado	0.5 - 15.7	4.2	2.1	4.933	117.9
	Domingo	1.6 - 21.6	10.5	11.2	7.576	72.5

Sh: sedimento húmedo

Tabla 9.4 Valores estadísticos por playa en términos de # MP/kg_{ss}

# MP/kg _{ss}						
Playa	Día	Intervalo	\bar{X}	M	σ	% de varianza
La Barra de Sontecomapan	Sábado	0 - 3.7	1.4	1.4	1.2	85.0
	Domingo	0 - 2.9	1.4	1.5	0.9	67.1
Playa Grande	Viernes	0 - 2.7	0.9	0.7	0.8	92.1
	Sábado	0 - 1.1	0.2	0.0	0.4	173.4
Zipolite	Sábado	0 - 9.4	1.3	0.0	2.9	229.2
	Domingo	0 - 2.5	0.7	0.3	0.9	129.2
San Agustinillo	Sábado	0 - 2.7	1.8	1.9	0.7	40.1
	Domingo	0 - 5.9	2.0	1.4	1.7	85.1
La Misión	Sábado	0.5 - 15.9	4.4	2.3	4.9	114.2
	Domingo	1.6 - 22.2	10.8	11.5	7.8	72.5

Ss: sedimento seco

Tabla 9.5 Valores estadísticos por playa en términos de # MP/L_{sh}

# MP/L _{sh}						
Playa	Día	Intervalo	\bar{X}	M	σ	% de varianza
La Barra de Sontecomapan	Sábado	0 - 6.4	2.4	2.5	2.0	83.4
	Domingo	0 - 4.2	1.9	2.1	1.4	69.0
Playa Grande	Viernes	0 - 4.2	1.3	1.0	1.3	94.3
	Sábado	0 - 1.4	0.3	0.0	0.5	174.8
Zipolite	Sábado	0 - 13.4	1.8	0.0	4.2	230.2
	Domingo	0 - 3.5	0.9	0.4	1.1	134.9
San Agustinillo	Sábado	0 - 3.5	2.7	3.2	0.9	36.8
	Domingo	0 - 9.9	2.9	2.1	2.7	92.4
La Misión	Sábado	0.7 - 26.8	6.6	3.5	7.9	119.0
	Domingo	2.8 - 33.1	14.2	12.7	10.9	77.3

Sh: sedimento húmedo

Tabla 9.6 Valores estadísticos por playa en términos de # MP/m

# MP/m						
Playa	Día	Intervalo	\bar{X}	M	σ	% de varianza
La Barra de Sontecomapan	Sábado	0 - 47.4	17.9	18.4	14.9	83.4
	Domingo	0 - 31.6	14.7	15.8	10.2	69.0
Playa Grande	Viernes	0 - 31.6	10.0	7.9	9.4	94.3
	Sábado	0 - 10.0	2.0	0.0	3.5	173.8
Zipolite	Sábado	0 - 100.0	13.7	0.0	31.5	230.2
	Domingo	0 - 26.3	6.3	2.6	8.5	134.9
San Agustinillo	Sábado	0 - 26.3	20.0	23.7	7.4	36.8
	Domingo	0 - 73.7	22.1	15.8	20.4	92.4
La Misión	Sábado	5.3 - 200.0	49.5	26.4	58.9	119.0
	Domingo	21.0 - 247.4	105.8	94.7	81.7	77.3

Anexo 9.6 Correlaciones lineales

Variable 1	Variable 2	Coefficiente de determinación (R ²)
Microplásticos	IC	0.4382
	Residuos*	0.9279
	Macroresiduos	0.9075
	Fragmentos	0.9372
	Indicadores:	
	Urbanización	0.6711
	Conservación	0.0511
Residuos	Potencial recreativo	0.1334
	Gestión de residuos	0.1216
	Contaminación	0.0342
	IC	0.6702
	Indicadores:	
	Urbanización	0.811
	Conservación	0.0264
Macroresiduos	Potencial recreativo	0.1015
	Gestión de residuos	0.1392
	Contaminación	0.0113
	IC	0.7233
	Indicadores:	
	Urbanización	0.8481
	Conservación	0.0455
Fragmentos	Potencial recreativo	0.0622
	Gestión de residuos	0.0972
	Contaminación	0.0011
	IC	0.6245
	Indicadores:	
	Urbanización	0.7759
	Conservación	0.0148
IC	Potencial recreativo	0.1387
	Gestión de residuos	0.1768
	Contaminación	0.0267
	Indicadores:	
	Urbanización	0.8854
	Conservación	0.1043
	Potencial recreativo	0.014
	Gestión de residuos	0.0013
	Contaminación	0.1232

* = suma de macroresiduos y fragmentos
